







ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND [illegible].



ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LIV.



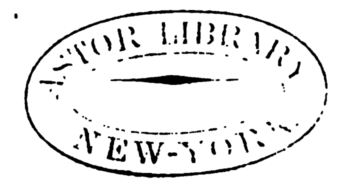
ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

54

VIER UND FUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND DREISSIGSTER.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1841.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



Inhalt

des Bandes LIV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. — Weber, Fig. 1, S. 3; Fig. 2, S. 13. — Becquerel, Fig. 3 und 4, S. 20. — Jerichau, Fig. 5, S. 139; Fig. 6, S. 144. — Breithaupt, Fig. 7 und 8, S. 153. Fig. 9, S. 155 — Schaffgotsch, Fig. 10, S. 195; Fig. 11, S. 196; Fig. 12 *a* und *b*, S. 196 und 197; Fig. 13, S. 197.

Taf. II. — Dove, Fig. 1 und 2, S. 307; Fig. 3, S. 310; Fig. 4 und 5, S. 322. — Jacobi, Fig. 6, S. 336; Fig. 7, S. 339; Fig. 8, S. 340. — Henrici, Fig. 9, S. 414. — Pohl, Fig. 10, S. 533. — Schütz, Fig. 11, S. 431; Fig. 12, S. 433. — Walker, Fig. 13, S. 514.

Berichtigungen

zum Aufsatz des Hrn. Prof. Kersten, Bd. LIII.

Seite 386 Zeile 2 von oben, statt Satzmasse lies Salzmasse.
— 386 Z. 6 v. ob. st. dem l. dann.
— 387 Z. 10 v. ob. st. Kupferzen l. Kupfererzen.
— 387 Z. 13 v. u. st. Jeschen l. Lescher.
— 389 Z. 7 v. ob. st. wird l. er wird.
— 390 Z. 11 v. u. st. Massen l. Wässer.

1841. ANNALEN №. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LIV.

I. *Ueber die Elasticität fester Körper;*
von Wilhelm Weber.

Es ist ein bekanntes Gesetz der Elasticität fester Körper, dafs bei zunehmender Spannung ihre Länge zunimmt, bei abnehmender Spannung ihre Länge abnimmt. Man nimmt an, dafs das Verhältnifs dieser gleichzeitigen Spannungs- und Längenänderungen für jeden Körper (innerhalb der Gränzen vollkommener Elasticität und bei gleicher Temperatur) *constant* sei, und nennt das Gewicht, welches, diesem Verhältnifs gemäfs, die Länge des Körpers bei einem der Flächeneinheit gleichen Querschnitt verdoppeln würde, den *Elasticitäts-Modulus* oder *Elasticitäts-Coëfficienten*, der einen für jede Substanz (bei einer bestimmten Normaltemperatur) zu bestimmenden *constanten Werth* besitzt. Im XXXIV. Bande dieser Annalen sind, S. 247 bis 257, mehrere Versuche mitgetheilt worden, woraus es wahrscheinlich wird, dafs jenes bisher allgemein angenommene Gesetz gewisser Beschränkungen bedürfe, zumal bei festen animalischen und vegetabilischen Substanzen, von denen besonders die Seide genauer untersucht wurde. Es sollen hier jene Versuche vollständiger mitgetheilt werden, um die Gesetzmäfsigkeit dieser Abweichungen genauer zu prüfen. Aus der ersten hier anzuführenden Versuchsreihe wird man ersehen, dafs bei einer allmäligen Zunahme der Spannung von 13,10 bis 29,83 Grammen eine Verkürzung von 5241,39 bis 5221,76 Millimetern eintrat, in offenbarem Widerspruch mit obigem Gesetze, wonach eine Verlängerung zu erwarten war; in der zweiten Versuchsreihe dagegen, bei einer allmäligen Abnahme der Spannung von 84,37 bis

71,29 Grm., eine Verlängerung von 5274,06 bis 5289,41 Millimetern eintrat, ebenfalls in offenbarem Widerspruch mit obigem Gesetze, wonach eine Verkürzung zu erwarten war.

Diese Abweichungen von jenem Gesetze sind so bedeutend, und geschehen selbst so gesetzmäfsig, dafs sie nicht vernachlässigt werden dürfen, den Fall vielleicht ausgenommen, der selten vorkommen wird, wo nach jeder Spannungsänderung mehrere Tage verfliefsen, ehe man die Länge des Fadens betrachtet. Nur wenn nach jeder Spannungsänderung ein solcher Zeitraum verflossen wäre, würde der Faden in einen Zustand gekommen seyn, für welchen obiges Gesetz näherungsweise gültig wäre.

Was obiges Gesetz für die festen Körper ist, ist das Mariotte'sche Gesetz für die Luft. Es ist bekannt, dafs auch dieses Gesetz keine allgemeine Gültigkeit besitzt, sondern einer ähnlichen Beschränkung bedarf. Auch bei der Luft kann der Fall vorkommen, dafs ihr Volumen bei allmälig zunehmender Spannung merklich zunimmt, und bei allmälig abnehmender Spannung merklich abnimmt, wenn nämlich dort eine schnelle Abnahme, hier eine schnelle Zunahme der Spannung kurz vorausgegangen ist. Soll das Mariotte'sche Gesetz eine hinreichende Annäherung an die Wahrheit gewähren, so mufs ebenfalls nach jeder Spannungsänderung einige Zeit verfliefsen, ehe man das Volumen der Luft betrachtet, nämlich ein solcher Zeitraum, welcher genügt, dafs die Luft wieder die Temperatur der umgebenden Körper annimmt, die sie während der Spannungsänderung verloren hat. Nur findet der Unterschied statt, dafs der Zeitraum, welcher hier verfliefsen mufs, viel kleiner ist, als der bei obigen festen Körpern, woraus sich von selbst ergiebt, dafs die Temperatur, welche hier die Ursache der Abweichung vom Mariotte'schen Gesetze ist, dort nicht die Ursache seyn könne, die dort vielmehr tiefer in der Constitution jener festen Körper liegen müsse.

Was aber den Einfluſs dieser Abweichungen betrifft, so ist er in beiden Fällen gleich wichtig, insbesondere für die Betrachtung der Schallschwingungen, wo die Spannungsänderungen und die räumlichen Aenderungen immer gleichzeitig in Betracht gezogen werden müssen, die Bedingung also, unter welcher obige Gesetze gelten, nicht erfüllt ist. Bei der Luft ist es gelungen, diesen Einfluſs genau in Rechnung zu bringen, bei obigen festen Körpern bedarf es aber noch einer genaueren Untersuchung zu diesem Zwecke, wenn man auch im Allgemeinen übersehen kann, daſs sich daraus wahrscheinlich erklären wird, warum die Gröſse der Schallschwingungen bei manchen festen Körpern sehr schnell, bei andern sehr langsam abnimmt unter sonst gleichen äuſsern Verhältnissen, wo man erwartet hätte, daſs sie bei allen nur sehr langsam abnähme.

Es mögen hier zunächst die erwähnten Versuche ausführlich folgen, sodann versucht werden, dieselben unter Gesetze zu bringen, und die nothwendige Beschränkung des bisher allgemein angenommenen Elasticitätsgesetzes daraus abzuleiten.

Fig. 1 Taf. I stellt den zu diesen Versuchen gebrauchten Apparat dar. Das Gewicht P hängt an einem Faden, welcher in der Mitte des unteren Randes eines Spiegelrahmens befestigt ist; von den beiden Enden des oberen Randes gehen zwei andere parallele Fäden zur Decke, wo sie mit ihren oberen Enden befestigt sind. Sie stehen 150 Millimeter von einander ab und liegen in derselben Verticalebene mit dem Spiegel. Nahe unter dem Spiegel ist am ersten Faden der zu untersuchende vierfache Faden l von ungedrehter Seide angeknüpft, der mit dem andern Ende an der beweglichen Mutter einer Mikrometerschraube (wie zu Längentheilungsmaschinen gebraucht wird) befestigt ist. Die Richtung dieses Fadens sowohl wie der Schraube, durch die er gespannt wird, ist horizontal und normal gegen die Verticalebene

des Spiegels und der beiden ihn tragenden Fäden. Wird der Faden l durch die Schraube gespannt, so werden der Spiegel und die Fäden, an denen er hängt, die vorher vertical waren, geneigt, und diese Neigung wird durch die Verrückung des Spiegelbildes einer entfernten Skale, welches mit einem Fernrohr beobachtet wird, nach Skalentheilen gemessen. Der Werth dieser Skalentheile ergab sich aus dem nach der Richtung des Fadens l gemessenen Abstand des Spiegels von der Skale: dieser Abstand betrug 4961 Skalentheile. Das Gewicht P war mit Wasser umgeben, um zu verhindern, dafs es in Pendelschwingung gerieth. Nach Abzug des Gewichtsverlusts im Wasser betrug sein Gewicht 1782 Grm. Fügt man noch hinzu, dafs der Abstand des Punktes unter dem Spiegel, wo der Faden l angeknüpft war, von den Befestigungspunkten an der Decke 2089,5 Skalentheile entfernt war, so kann man aus der, nach Skalentheilen gemessenen, Verrückung des Skalenbildes sowohl die Ablenkung e als auch die Spannung des Fadens l berechnen. Die Ablenkung e findet man in Millimetern:

$$e = \frac{2089,5}{2.4961} . n,$$

die Spannung T des Fadens l in Grammen:

$$T = \frac{1782}{2.4961} . n,$$

wo n die Zahl der Skalentheile bezeichnet, wie die folgende Tafel sie giebt. In dem in der Tafel gegebenen Werthe von n ist das wahre Verhältnifs der Skalentheile zu Millimetern schon berücksichtigt, so wie der Einflufs, den es hat, dafs die Verrückung des Skalenbildes, statt nach Bogentheilen, nach Theilen der Tangente gemessen wird, und dafs der Spiegel, indem er sich neigt, zugleich der Scale genähert wird.

Einen Tag vor dem Beginn der folgenden Versuche wurde der Seidenfaden l gespannt, und erst kurz vor dem Anfang durch eine Verschiebung der Schrau-

enmutter um 201,15 Millimeter plötzlich wieder *abgespannt.* Vor dieser Abspannung war die Ablenkung e gemessen, und

$$e = 555{,}87 \text{ Skalentheile} = 117{,}06 \text{ Millimeter}$$
$$e + l = 5457{,}88 \text{ -}$$

gefunden worden. Nach der Abspannung blieb

$$e + l = 5256{,}73 \text{ Millimeter}$$

unverändert.

Tafel I.

Zeit in Minuten.	Ablenkung n.	Zeit in Minuten.	Ablenkung n.
0,00	72,93	9,80	115,29
0,47	78,88	10,14	115,69
0,80	83,84	10,47	116,19
1,14	86,91	10,80	116,58
1,47	89,59	11,14	116,78
1,80	91,98	11,47	117,58
2,14	94,46	11,80	117,87
2,47	95,75	12,14	118,37
2,80	97,43	12,47	118,47
3,14	99,22	13,47	119,81
3,47	100,01	14,47	120,75
3,80	101,70	15,47	121,74
4,14	102,79	16,47	122,49
4,47	104,08	17,47	123,28
4,80	104,97	18,47	124,12
5,14	105,76	19,47	124,77
5,47	106,65	20,47	125,46
5,80	107,65	21,47	126,06
6,14	108,54	22,47	126,60
6,47	109,24	23,47	127,20
6,80	110,03	24,47	127,70
7,14	110,63	25,47	128,35
7,47	111,52	26,47	128,84
7,80	112,02	27,47	129,24
8,14	112,61	28,47	129,79
8,47	113,31	29,47	130,28
8,80	113,80	30,47	130,68
9,14	114,20	31,47	131,02
9,47	114,69	32,47	131,52

Zeit in Minuten.	Ablenkung n.	Zeit in Minuten.	Ablenkung n.
33,47	131,71	135,47	147,63
34,47	132,06	144,47	148,08
35,47	132,50	153,47	148,62
36,47	132,84	162,47	149,06
39,47	133,79	171,44	149,61
42,47	134,78	180,47	150,00
45,47	135,68	207,47	151,50
48,47	136,57	234,47	152,84
51,47	137,22	261,47	153,94
54,47	137,76	288,47	154,69
57,47	138,41	315,47	155,38
60,47	138,95	342,47	156,18
63,47	139,55	369,47	157,37
66,47	139,89	396,47	158,01
69,47	140,38	423,47	158,61
72,47	140,88	450,47	158,85
81,47	142,22	477,47	159,00
90,47	143,46	504,47	159,20
99,47	144,51	585,47	160,09
108,47	145,40	666,47	161,04
117,47	146,20	747,47	162,19
126,47	146,79	1233,47	166,08

Vor dem Beginn der folgenden Versuche war der Seidenfaden l lange Zeit abgespannt gewesen, und wurde erst kurz vor dem Anfang durch eine Verschiebung der Schraubenmutter um 116,27 Millimeter plötzlich wieder *angespannt*. Vor dieser Anspannung war die Ablenkung e gemessen und

$e =$ 169,160 Skalentheile $=$ 35,72 Millimeter

$e + l$ $=$ 5256,73 -

gefunden worden. Nach der Anspannung blieb

$e + l$ $=$ 5373,00 Millimeter

unverändert.

Tafel II.

Zeit in Minuten.	Ablenkung *n*.	Zeit in Minuten.	Ablenkung *n*.
0,00	469,80	12,78	440,23
0,45	465,52	13,78	439,43
0,78	463,34	14,78	438,69
1,12	461,56	15,78	438,10
1,45	459,80	16,78	437,45
1,78	458,00	17,78	436,76
2,12	456,91	18,78	436,21
2,45	455,91	19,78	435,72
2,78	454,92	20,78	435,02
3,12	453,92	21,78	434,73
3,45	453,03	22,78	434,28
3,78	452,23	23,78	433,63
4,12	451,64	24,78	433,24
4,45	450,84	25,78	432,89
4,78	450,05	26,78	432,35
5,12	449,46	27,78	431,95
5,45	448,86	28,78	431,70
5,78	448,27	29,78	431,30
6,12	447,77	30,78	431,01
6,45	447,08	31,78	430,71
6,78	446,78	32,78	430,26
7,12	446,28	33,78	429,91
7,45	445,89	34,78	429,51
7,78	445,39	35,78	429,27
8,12	444,99	36,78	429,02
8,45	444,50	39,78	428,18
8,78	444,10	42,78	427,53
9,12	443,81	45,78	426,89
9,45	443,31	48,78	426,29
9,78	443,01	51,78	425,65
10,12	442,62	54,78	425,05
10,45	442,32	57,78	424,61
10,78	442,02	60,78	424,16
11,12	441,82	63,78	423,72
11,45	441,53	66,78	423,32
11,78	441,23	69,78	422,98
12,12	440,93	72,78	422,58
12,45	440,63	75,78	422,23

Zeit in Minuten.	Ablenkung *n*.	Zeit in Minuten.	Ablenkung *u*.
81,78	421,59	261,78	411,85
90,78	420,44	288,78	411,11
99,78	419,65	315,78	410,22
108,78	418,85	342,78	409,72
117,78	418,10	369,78	408,93
126,78	417,51	396,78	408,23
135,78	417,01	423,78	407,74
144,78	416,57	450,78	407,20
153,78	416,07	477,78	307,06
162,78	415,48	801,78	404,07
171,78	415,13	1287,78	409,14
180,78	414,84	1838,78	399,51
207,78	413,64	2168,79	396,93
234,78	412,40		

Im XXXIV. Bande, S. 251, sind die, bei ähnlicheu dort mitgetheilten Versuchen beobachteten Abweichungen vom bekannten Elasticitätsgesetze fester Körper als *Nachwirkungen* der vorausgegangenen plötzlichen Spannungsänderung bezeichnet worden, in dem einen Falle als Nachwirkungen der Spannungsabnahme, in dem andern als Nachwirkungen der Spannungszunahme. Es wurde auch versucht, ein Gesetz für diese Nachwirkungen aufzustellen, wonach *der Rest der Verlängerung, oder Verkürzung, der von irgend einem Augenblicke an noch zu erwarten ist, dem von einem gewissen, aus den Versuchen jedesmal zu bestimmenden Augenblicke an zu rechnenden Zeitraume umgekehrt proportional sey.* Dieses einfache Gesetz genügte den damals vorliegenden Versuchen; die mit feineren Hülfsmitteln gemachten, in den obigen Tafeln zusammengestellten Versuche beweisen aber, dafs dieses Gesetz nicht vollkommen pafst; denn wie man auch den Anfangspunkt des Zeitraums bestimmen möge, so kann man doch den hier mitgetheilten Beobachtungen nicht hinreichend genügen.

Es ist also eine Verbesserung des genannten Gesetzes nöthig. Um diese zu finden, sey es erlaubt, über

die *Ursache* der Erscheinung selbst folgende Betrachtung vorauszuschicken.

Es darf als eine Thatsache angesehen werden, dafs der Faden nach einer plötzlichen Aenderung seiner Spannung nicht sogleich wieder zu einem Zustande vollkommenen Gleichgewichts gelange. Auch abgesehen von den Schwingungen, die er alsdann macht, und wenn man sich blofs an die Mittellage hält, von der die Schwingungen diesseits und jenseits gleich weit abweichen, die man als die neue Gleichgewichtslage zu betrachten pflegt; so ergiebt sich, dafs auch diese Mittellage, die bei obigen Versuchen stets beobachtet wurde, als keine vollkommene Gleichgewichtslage anzusehen ist, dafs sie vielmehr sich allmälig noch beträchtlich ändert. Sie kann höchstens in Beziehung auf jene Schwingungen als Gleichgewichtslage betrachtet werden. In der That nähert sich der Faden der vollkommenen Gleichgewichtslage nur mit der Zeit assymptotisch an, ohne wahrscheinlich sie je vollkommen zu erreichen. Was eigentlich zur Herstellung dieses vollkommenen Gleichgewichts nothwendig ist, entzieht sich unseren Sinnen und unserer Beobachtung, und scheint in einer für jede Spannung bestimmten Stellung der Elasticitätsaxen der kleinsten Theile gegen einander zu liegen, die von selbst nur äufserst langsam eintritt. Diefs vorausgesetzt soll dieser, der Beobachtung sich entziehende Unterschied in der Stellung der Elasticitätsaxen der kleinsten Theile in irgend einem Augenblicke von derjenigen, welche der vollkommenen Gleichgewichtslage entspricht, mit z bezeichnet, und als *Ursache der Nachwirkung* bezeichnet werden. Von diesem unbekannten z mufs hiernach sowohl die Geschwindigkeit der Längenänderung, welche mit $\frac{dx}{dt}$ bezeichnet werde, als auch der ganze Längenunterschied zwischen dem Faden in seiner (derselben Spannung entsprechenden) vollkommenen Gleichgewichtslage und in dem Au-

genblicke der Beobachtung abhängen, welcher mit x bezeichnet werde. Wenn hiernach nun x sowohl wie $\frac{dx}{dt}$ Functionen der Unbekannten z sind, so ist auch $\frac{dx}{dt}$ eine Function von x, d. i.:

$$\frac{dx}{dt} = fx \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Es kommt nun also darauf an, eine solche Function fx aufzusuchen, welche den obigen Beobachtungen der Nachwirkungen genügt.

Setzt man z. B.:

$$fx = \frac{xx}{b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

und substituirt diesen Werth in der Gleichung (1), so erhält man durch Integration:

$$x = -\frac{b}{t+C},$$

wo C die von der Integration herrührende Constante bezeichnet. Die Länge des Fadens kann dann für den Augenblick am Ende des Zeitraums t durch die Gleichung

$$l = a - \frac{b}{t+C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

bestimmt werden, d. i. nach dem oben Angeführten auch im XXXIV. Bande, S. 254, schon benutzten Gesetze. Der Werth von b ist darin für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung positiv, für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung negativ zu nehmen.

Da nun aber dieses Gesetz den feineren Versuchen nicht genügt, so mufs eine andere Function von x gesucht werden, welche für fx in Gleichung (1) substituirt, mit der Erfahrung besser harmonirt als $\frac{xx}{b}$.

Statt des Quadrats von x möge daher versucht werden, ob irgend eine andere Potenz von x, die mit x^m

bezeichnet werde, den Versuchen besser entspreche. Setzt man also:

$$fx = b x^m \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \;(4)$$

und substituirt diesen Werth in Gleichung (1), so erhält man durch Integration:

$$x = ((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} . (t+C)^{\frac{1}{1-m}},$$

wo C die von der Integration herrührende Constante bezeichnet. Die Länge des Fadens kann dann für jeden Augenblick am Ende einer beliebigen Zeit t durch die Gleichung

$$l = a \pm ((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} . (t+C)^{\frac{1}{1-m}} \;.\;.\;.\;. \;(5)$$

ausgedrückt werden, wo das obere Zeichen für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung, das untere für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung gilt.

Dieses Gesetz auf die in Tafel I enthaltenen Versuche angewendet, genügt vollkommen, wenn man:

$$= 5213{,}21 \text{ Millimeter}$$

$$((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} = 29{,}05 \text{ Millimeter}$$

$$C = 1{,}1816 \text{ Minuten}$$

$$\frac{1}{1-m} = -0{,}17192$$

setzt, folglich:

$$l = 5213{,}21 + 29{,}05 (t+1{,}1816)^{-0{,}17192}.$$

Die Werthe von n, Tafel I, sind die für verschiedene Werthe von t beobachteten Werthe der Ablenkung e in Skalentheilen, welche, in Millimeter verwandelt und zur Länge des Fadens gefügt, den unveränderlichen Werth

$$e + l = 5256{,}73 \text{ Millimeter}$$

geben. Zur Vergleichung mit den Angaben der Tafel erhält man hiernach die Gleichung:

$$n = 206{,}67 - 137{,}97 (t+1{,}1816)^{-0{,}17192}.$$

Die Werthe von n, nach dieser Gleichung für die in der ersten Kolumne der Tafel I angeführten Werthe von

t berechnet und von den beobachteten Werthen von n abgezogen, geben dann der Reihe nach folgende Differenzen:

+0,33	—0,24	+0,13	+0,14	+0,29	—0,42
—1,25	—0,14	—0,04	+0,06	+0,24	—0,08
—0,16	—0,19	+0,12	+0,15	+0,27	+0,27
—0,39	—0,11	—0,66	+0,20	+0,07	+0,42
—0,40	—0,19	—0,18	+0,18	+0,04	+0,21
—0,34	+0,05	—0,06	+0,12	+0,05	+0,08
+0,03	—0,07	+0,11	+0,23	+0,21	+0,06
—0,59	—0,05	+0,04	+0,04	+0,32	+0,59
—0,34	+0,09	+0,07	+0,23	+0,29	+0,62
—0,10	+0,03	+0,18	+0,12	+0,35	+0,66
—0,70	—0,09	+0,12	+0,12	+0,35	+0,40
—0,29	—0,10	+0,13	+0,17	+0,17	+0,08
—0,38	+0,01	+0,07	+0,30	+0,27	—0,15
—0,18	—0,06	+0,03	+0,37	0,00	—0,46
—0,30	—0,01	+0,07	+0,36	—0,02	—0,53
—0,42	—0,05	+0,03	+0,35	—0,21	—0,26
—0,40	—0,26	+0,16	+0,25	—0,25	—0,01

Diese Differenzen sind so klein und wechseln so oft das Vorzeichen, dafs sie mit Recht als Beobachtungsfehler angesehen werden können.

Ist diefs Gesetz wahr, so mufs es sich auch bei der zweiten Versuchsreihe bestätigen, und zwar müssen dabei diejenigen Constanten, welche von der Natur des Fadens abhängen, denselben Werth beibehalten, wie bei der ersten Versuchsreihe, weil der nämliche Faden in beiden Fällen gebraucht wurde. Nach der Differentialgleichung (4) sind b und m jene unveränderlichen Constanten, und es fragt sich daher, ob, ohne diesem einen andern Werth beizulegen, den Versuchen in der zweiten Reihe genügt werden könne. Setzt man:

$$a = 5297{,}9 \text{ Millimeter}$$

$$C = 4{,}7318 \text{ Minuten},$$

wonach:

$$l = 5297{,}9 - 29{,}05(t + 4{,}7318)^{-0{,}17192},$$

oder e nach Skalentheilen, d. i.:

$$n = 357 + 137,97\,(t + 4,7318)^{-0,17192}$$

ist, so erhält man folgende Vergleichung mit der Erfahrung:

Zeit.	Beobachtet n.	Berechnet n.	Unterschied.
3,78	452,23	452,46	−0,23
10,78	452,02	442,85	−0,83
30,78	431,01	431,70	−0,69
60,78	424,16	424,22	−0,06
315,78	410,22	408,17	+2,05

die zur Bestätigung des aufgestellten Gesetzes vollkommen zu genügen scheint. Wollte man die Werthe der Constante genau nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit bestimmen, so würde die nachgewiesene sehr gute Uebereinstimmung mit der Erfahrung noch erhöht werden können.

Stellt man die beiden obigen Versuchsreihen durch zwei Curven praktisch dar, wie es Fig. 2 Taf. I geschehen ist, so läfst sich ihre Uebereinstimmung, wonach das oben angeführte Gesetz, ohne Aenderung der Werthe b und m, beiden genügt, anschaulich machen. Man erkennt nämlich nicht allein im Allgemeinen eine grofse Aehnlichkeit zwischen beiden Curven, sondern man findet auch leicht in der oberen Curve einen Punkt B, von wo an diese Curve, mit der andern von Anfang an gerechnet, ganz identisch ist, wie man bestätigt findet, wenn man BC und DE genau vergleicht. Diefs heifst nun in Worten ausgesprochen: der Abstand z von der vollkommenen Gleichgewichtslage war beim Beginn der ersten Versuchsreihe gröfser als beim Beginn der zweiten; da aber z mit der Zeit abnimmt, so mufste ein Augenblick kommen, wo er letzterem gleich wurde. Dieser Augenblick trat nun im Punkte B ein, von wo an gerechnet der weitere, von den Curven dargestellte Ver-

lauf der Nachwirkung ganz gleich seyn soll, weil ihre Ursache z gleich war, was wirklich der Fall ist. Man wird bemerken, dafs in Fig. 2 Taf. I die beiden Curven, ungeachtet sie auf entgegengesetzte Wirkungen sich beziehen (die erste auf Verkürzung, die andere auf Verlängerung des Fadens), zur besseren Vergleichung ähnliche Lage erhalten haben, d. h. dafs die in der zweiten Curve dargestellte Verlängerung eben so wie die in der ersten Curve dargestellte Verkürzung positiven Ordinaten entsprechen.

Diese eben betrachtete Nachwirkung läfst sich als eine *secundäre* Wirkung der vorausgegangenen Abspannung oder Anspannung des Fadens betrachten, und zum Unterschied könnte diejenige Verkürzung oder Verlängerung, die im Augenblicke $t=0$ schon vorhanden war, als *primäre* Wirkung bezeichnet werden. Hiernach würde die primäre Wirkung der Abspannung, in der ersten Versuchsreihe, 99,43 Millimeter betragen haben; denn vor der Abspannung war die Länge des Fadens $=5340{,}82$ Millimeter, nachher aber, für $t=0$, 5241,39 Millimeter. Die primäre Wirkung der Anspannung, in der zweiten Versuchsreihe, würde 53,05 Millimeter betragen haben; denn vor der Anspannung war die Länge des Fadens $=5221{,}01$ Millimeter, nachher aber, für $t=0$, 5274,06 Millimeter. Zwischen diesen beiden Wirkungen giebt es aber keine bestimmte Gränze, sondern nur eine willkührliche; denn es ist ganz willkührlich, wenn man beide Wirkungen durch den Augenblick scheidet, wo nach vollendeter Abspannung oder Anspannung die Länge des Fadens zum ersten Male beobachtet wird. Wäre zum Beispiel die erste Beobachtung 1 Minute früher gemacht worden, was sehr gut geschehen konnte, so würde ein grofser Theil der eben als primär bezeichneten Wirkung zur secundären gerechnet worden seyn. Im Grunde steht es uns frei, auf diese Weise die ganze sogenannte primäre Wirkung zur secundären zu ziehen, wozu nur nöthig

ist, den Anfangspunkt der Zeiträume t in der ersten Versuchsreihe um 0,792824 Minuten, in der zweiten fast um 4,114847 Minuten früher zu setzen, was mit so gröfserem Rechte geschehen kann, als wirklich zwischen dem Augenblick der vollendeten Abspannung oder Anspannung und der ersten Beobachtung etwas Zeit verfliefsen mufste, um mit Ruhe beobachten zu können, und aufserdem die Abspannung und Anspannung selbst langsam geschah, und 6 bis 10 Minuten Zeit erforderte.

Hiernach wäre die ganze Längenänderung des Fadens gar keine *unmittelbare* Wirkung der plötzlich geänderten Spannung des Fadens, sondern nur eine mittelbare oder secundäre. Als primäre Wirkung der plötzlich geänderten Spannung bliebe blofs die unsichtbare Wirkung z im Innern des Körpers übrig, welche als die wahre Ursache der ganzen nachfolgenden Längenänderung zu betrachten wäre.

Zugleich ergäbe sich, dafs ein so unmittelbarer Zusammenhang zwischen Spannungs- und Längenänderungen des Fadens, wie in den Elasticitätsgesetzen angenommen wird, gar nicht stattfinde: nicht einmal gleichzeitig treten sie ein. Auch kann die Spannungsänderung sehr geschwind geschehen, während die Längenänderung darauf langsam mit der Zeit einem Gränzwerthe sich nähert, den man für obige Versuchsreihe findet, wenn man den Unterschied des obigen Ausdrucks für $t=0$ und $t=\infty$ zu der oben als primär angeführten Wirkung hinzufügt. Der Gränzwerth der Verkürzung nach der ersten Reihe ist hierauf $=99{,}43+28{,}23=127{,}66$ Millim.; der Gränzwerth der Verlängerung nach der zweiten Reihe $=53{,}05+22{,}24=74{,}29$ Millimeter.

Spricht man noch von einem bestimmten Verhältnifs der Spannung zur Verlängerung, so hat diefs nur einen bestimmten Sinn, wenn man den *Gränzwerth* der Verlängerung versteht, und also nach jeder Spannungsänderung die Zeit abwartet, bis die Länge des Fadens die-

sen Gränzwerth erreicht hat oder ihm sehr nahe gekommen ist. Diese Zeit scheint bei verschiedenen Körpern sehr verschieden zu seyn, während sie z. B. bei Seidenfäden ein oder mehrere Tage beträgt, ist sie bei Metalldrähten so klein, dafs sie der Beobachtung fast entgeht, und vielleicht gar nicht, oder nur mit den feinsten Hülfsmitteln wird nachgewiesen werden können.

Zum Schlufs möge noch bemerkt werden, dafs die Herleitung des oben gegebenen Ausdrucks für die Nachwirkung zunächst nur für den Fall gilt, wo die Spannung nach einer plötzlichen Aenderung während der beobachteten Nachwirkung unverändert bliebe. In den Versuchsreihen, auf welchen wir jenen Ausdruck angewendet haben, war diefs nicht der Fall, sondern die Spannung änderte sich auch nachher noch, zwar nicht plötzlich, aber doch langsam mit der eintretenden Nachwirkung. Diese Nachwirkung war also nicht blofs die Nachwirkung jener vorausgegangenen *plötzlichen* Spannungsänderung, sondern zum Theil auch der nachfolgenden *langsamen*. Es fragt sich daher, ob jener Ausdruck mit Recht auf obige Versuche angewendet worden sey. In der That kann diese Anwendung gerechtfertigt werden, wenn, wie bei obigen Versuchen der Fall war, die folgende langsame Spannungsänderung in jedem Augenblicke der Nachwirkung in diesem Augenblicke proportional ist. In der That war die Aenderung de der Ablenkung e im Augenblicke dt in obigen Versuchen ein Maafs der *Spannungsänderung* und der *Nachwirkung* im Augenblicke dt, die folglich einander proportional waren.

Bezeichnet nun $dp = \frac{1782}{9922} . dn$ die dem Augenblicke dt entsprechende Spannungsänderung, so wird dieser Spannungsänderung eine Nachwirkung entsprechen, deren Gränzwerth

$$dx' = k . \frac{1782}{9922} . dn$$

ist, wo k den *Elasticitäts-Modulus* bezeichnet, d. i. das

Ver-

Verhältnifs der Spannungsänderung zum Gränzwerth der nachfolgenden Längenänderung bezeichnet.

dx' ist nun von der ganzen Aenderung dx, welche x im Augenblick dt erleidet, derjenige Theil, welcher *keine Nachwirkung* der früheren Spannungsänderungen ist, und daher von dx abgezogen werden mufs, um denjenigen Theil zu erhalten, welcher dem Gesetze der Nachwirkung im Augenblicke dt unterworfen ist. Wenn also dx' nicht Null ist, d. i. wenn die Spannung während der Nachwirkung nicht unverändert bleibt, wie in der Gleichung (4) vorausgesetzt wurde, so mufs $dx-dx'$ statt dx in jener Gleichung gesetzt werden, d. i.:

$$\frac{dx-dx'}{dt}=bx^m \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Nun ist dx' mit dn proportional, dn aber mit der Spannungsänderung dp, welche letztere der Nachwirkung $dx-dx'$ in dem Augenblicke dt proportional angenommen worden ist. Hieraus folgt die Proportionalität von dx' und dx, oder:

$$dx'=rdx,$$

wo r constant ist; folglich:

$$\frac{dx}{dt}=\frac{b}{1-r}x^m,$$

welche Gleichung von der Gleichung (4) sich blofs durch einen andern Werth des constanten Coëfficienten des zweiten Gliedes unterscheidet. Die Integration führt daher ebenfalls zu der Gleichung (5), wenn man darin $\frac{b}{1-r}$ statt b setzt, oder es ist:

$$b=a\pm\left((1-m)\frac{b}{1-r}\right)^{\frac{1}{1-m}}.(t+C)^{\frac{1}{1-m}} \quad \ldots (7)$$

wo das obere Vorzeichen für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung, das untere für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung gilt. Die Vergleichung mit obigen Versuchen ergiebt dann den Werth von:

$$\left((1-m)\frac{b}{1-r}\right)^{\frac{1}{1-m}}=29{,}05 \text{ Millimeter}$$

und der Werth von r ist darin:

$$r=-\tfrac{1782}{9922}.k,$$

wo k den *Elasticitäts-Modulus*, wie er oben bestimmt worden ist, bezeichnet. Die oben gegebenen Formeln für die Darstellung der in den beiden Tafeln enthaltenen Versuche erleiden hienach durch die Rücksicht auf die während der Versuche eingetretenen Spannungsänderung keine Aenderung, sondern bleiben für die erste Tafel:

$$n=206{,}67-137{,}97\,(t+1{,}1816)^{-0{,}17192},$$

für die zweite Tafel:

$$n=357{,}0+137{,}97\,(t+4{,}7318)^{-0{,}17192},$$

II. *Untersuchungen über die Wirkungen der chemischen Strahlen des Sonnenlichts mittelst elektrischer Ströme;* *von Edmund Becquerel.*

(Aus d. *Bibl. univers. Ser. III T. XXII p.* 345.)

Erste Abhandlung.

Bisher hat man die eigenthümlichen Strahlen eines Lichtbündels, welche auf die Körper zersetzend oder verbindend einwirken, nur bei einer kleinen Zahl von Körpern untersucht, z. B. bei Chlorsilber, Guajakharz und einigen Metalloxyden. Man weifs indefs, dafs die sogenannten chemischen Strahlen denselben physischen Gesetzen der Reflexion, Refraction und Polarisation unterworfen sind, wie die Lichtstrahlen, von denen sie einen Theil ausmachen. Diese chemischen Strahlen finden sich in

allen Theilen des Spectrums, und wir werden bei allen Versuchen diejenigen Strahlen so nennen, welche auf die angewandten Substanzen einwirken.

Unter den Körpern, die vom Licht verändert werden, enthalten die meisten Chlor, Brom und Jod. Die Wirkung dieser Körper, besonders des Chlors, ist eine solche, dafs wenn sie, schwach gebunden, unter dem Einflufs der chemischen Strahlen, neben einer wasserstoffhaltigen Verbindung befindlich sind, sie sich des Wasserstoffs bemächtigen, z. B. das Chlor, um Chlorwasserstoffsäure zu bilden.

Allein meistens fehlt es an physischen Methoden, um die Wirkung der beiden Substanzen auf einander, unter dem Einflufs des Lichts, wahrzunehmen; denn in vielen Fällen geschieht diese Vereinigung sehr langsam und ohne Farbenänderung, so dafs man den Einflufs der chemischen Strahlen erst aus den entstandenen Producten erkennen kann.

Diese verschiedenen Reactionen geschehen von Theilchen zu Theilchen. Man hat indefs aus der Vereinigung und Trennung zweier Elemente unter dem Einflufs der chemischen Strahlen noch keine elektrischen Ströme hervorbringen können. Wenn man diefs könnte, würde man ein Mittel haben, die Reaction verschiedener Substanzen auf einander, unter dem Einflufs dieser Strahlen, zu erkennen und zu studiren. Das ist die Aufgabe, welche ich mittelst des folgenden Verfahrens gelöst habe.

Wenn man zwei Flüssigkeiten von ungleicher Dichte, Leiter der Elektricität, in einem Gefäfse über einander schichtet, und die eine von ihnen enthält eine Substanz, die fähig ist unter dem Einflufs der chemischen Strahlen auf eine in der andern enthaltene Substanz einzuwirken, so erfolgt diese Einwirkung an der Trennungsfläche im Moment, wo man die Strahlen eintreten läfst, und es bildet sich ein elektrischer Strom, welchen ein Galvano-

meter anzeigt, das an seinen Enden mit in die Flüssigkeiten tauchenden Platinplatten verbunden ist.

Folgendes ist die Einrichtung des von mir gebrauchten Apparats. Fig. 3 Taf. I zeigt denselben perspectivisch, Fig. 4 in senkrechtem Durchschnitt.

AB ist ein Glascylinder, 10 Centimeter weit, 5 hoch, äufserlich geschwärzt, damit das Licht nicht eindringe. Zwei Platinplatten, *a*, *b*, die eine am Boden, die andere 4 Centm. darüber, sind horizontal an Platindrähten befestigt, die hermetisch durch die Glasröhren *rs*, *tu* gehen, welche in die Quecksilbernäpfe *E*, *F* tauchen.

Um die beiden Flüssigkeiten ohne Mengung zu schichten, schüttet man zuvörderst die weniger dichte von ihnen in das Gefäfs, bis sie dasselbe zur Hälfte füllt. Alsdann läfst man die dichtere durch einen fein ausgezogenen Trichter nach und nach zum Boden des Gefäfses gelangen, bis die Trennungsfläche *CD* sich zwischen den beiden Platinplatten befindet. Mittelst dieser Anordnung tauchen die Platinplatten jede in eine der beiden Flüssigkeiten.

Auf den Apparat legt man ein Brett *GH* mit einem kreisrunden Loch *IK*, welches man mit Schirmen von verschiedener Natur bedecken kann.

Da das Loch *IK* der einzige Ort ist, wo das Licht in den Apparat eindringen kann, so folgt, dafs das Tageslicht, welches auf die Trennungsfläche der beiden Flüssigkeiten einwirken wird, in dem Lichtkegel $\delta\varepsilon\mu$ enthalten ist. Will man die Wirkung des Lichts auf das Innere ganz auffangen, so legt man auf *GH* ein Brett *NO*. — Das Galvanometer, dessen man sich bedient, mufs einen langen Draht haben und sehr empfindlich seyn.

Ehe ich die erhaltenen Resultate beschreibe, mufs ich einem Einwurfe begegnen, den man erheben könnte. Man könnte sagen: die in die Flüssigkeiten eindringenden Wärmestrahlen erhitzen die Platinplatten oder die

beiden Flüssigkeiten ungleich, und geben so zu einem elektrischen Strome Anlafs; dem kann aber nicht so seyn, denn, wenn man Flüssigkeiten anwendet, die keine unter dem Einflufs der chemischen Strahlen auf einander reagirende Substanzen enthalten, so entsteht kein Strom; und andererseits ist, wie wir sehen werden, die Ordnung der Schirme in Bezug auf die chemischen Strahlen eine andere als die in Bezug auf die Wärmestrahlen.

Reaction der Körper unter dem Einflufs der chemischen Strahlen. Erzeugung elektrischer Ströme.

Aether, in welchem man Eisenchlorid aufgelöst hat, entfärbt sich bekanntlich im Licht; läfst man die Wirkung eine Zeit lang fortfahren, so bilden sich gelbliche Krystalle, die noch nicht untersucht sind.

Ich wollte wissen, wie sich eine Lösung von Eisenchlorid in Alkohol unter dem Einflufs des Lichts verhalten würde. Diese Lösung entfärbt sich nach mehren Tagen und läfst Eisenoxyd fallen. Untersucht man darauf die Flüssigkeit, so findet man, dafs das Eisenchlorid in Eisenchlorür übergegangen ist. Ein Theil des Chlors hat also unter dem Einflufs der chemischen Strahlen auf den Wasserstoff des Alkohols eingewirkt.

Vogel hat bei der Reaction des Chlors auf Alkohol eine sonderbare Thatsache beobachtet. Läfst man einen anhaltenden Strom von Chlorblasen in Alkohol treten und Sonnenstrahlen auf das Gefäfs fallen, so erzeugt von da an, wo der Alkohol mit Chlor gesättigt ist, jede neue Gasblase eine schwache Explosion mit rother Flamme unter Ablagerung von Kohle.

Diese Erscheinung findet nicht statt, wenn man mit gewöhnlichem Tageslicht arbeitet. Da demnach das Eisenchlorid unter dem Einflufs des Lichts auf den Alkohol einwirkt, so nahm ich als die beiden Flüssigkeiten von ungleicher Dichtigkeit, eine concentrirte wäfsrige Lösung von Eisenchlorid und käuflichen Alkohol, brachte sie in

das Gefäfs, und stellte dieses mitten in einem von Mauern umgebenen Garten auf.

Platindrähte verbanden die beiden Platinplatten *a*, *b* mit den Enden des langdrähtigen und sehr empfindlichen Galvanometers, welches in einem Zimmer in einiger Entfernung vom Apparate stand. Im ersten Augenblick zeigte sich ein Strom, hervorgerufen durch die blofse Reaction der beiden Flüssigkeiten auf einander, wobei das Eisenchlorid die positive, und der Alkohol die negative Elektricität annahm. Allein nach und nach nahm dieser Strom ab, und nach einiger Zeit kam die Nadel zur Ruhe.

Der Apparat war dabei mit den beiden Brettern *GH*, *NO* bedeckt, von denen das erstere das kreisrunde Loch hatte.

So wie das Brett *NO* fortgenommen wurde und die das Licht begleitenden chemischen Strahlen in die Masse eindrangen, begann, unter dem Einflusse dieser Strahlen, die Reaction von einem Theil des Chlors im Chlorid auf den Wasserstoff des Alkohols; und da das Chlor bei seiner Reaction auf den Wasserstoff positive Elektricität annimmt, und das Chlorid schon bei dem ersten Strome positiv war, so wurde die Intensität dieses Stroms sogleich verstärkt.

Man mufs wo möglich bei ruhiger Luft operiren, damit die Flüssigkeiten in dem Apparat nicht bewegt werden. Wäre diefs der Fall, so würde der Strom, der aus blofser Reaction der beiden Lösungen auf einander entspringt, verstärkt werden, und das wäre eine Fehlerquelle. Um diefs zu vermeiden, mufs man bei dem Versuch einen durchsichtigen Schirm, z. B. eine farblose Glasplatte, auf die Oeffnung *IK* legen.

Folgendes sind die Resultate einiger Versuche mit Eisenchlorid und Alkohol. Als Ablenkungen der Magnetnadel geben wir nur die ersten Impulse auf dieselben an, und betrachten sie, da sie nicht 20° übersteigen, als proportional den Intensitäten des Stroms.

Eisenchlorid +, Alkohol −.

Schirme.	Apparat im Dunkeln, Ablenkung.	im Licht.	Stromstärke durch Wirkung des Lichts.
Versuch I.	Im Tageslicht, bei heiterem Himmel.		
Ohne Schirm	6°	9°,5	3°,5
dito dito	6	9 ,5	3 ,5
Weifses Glas	6	7 ,5	1 ,5
dito dito	6	8 ,0	2 ,0
Versuch II.	Bei heiterem Himmel.		
Ohne Schirm	2°	6°,5	4°,5
dito dito	2	6 ,5	4 ,5
Weifses Glas	2	5 ,0	3 ,0
dito dito	2	5 ,0	3 ,0
Versuch III.	Im Sonnenschein.		
Ohne Schirm	0°	10°	10°
dito dito	0	10	10
Weifses Glas	0	6	6
dito dito	0	6	6

Ich mufs bemerken, dafs der elektrische Strom unter dem Einflufs des Lichts desto stärker ist, je weniger die Flüssigkeiten gemengt sind. Im Allgemeinen haben wir mittelst des oben beschriebenen Apparats bemerkt, dafs alle Chloride, welche auf eine niedere Chlorungsstufe übergehen können, unter dem Einflufs des Lichts eine Wirkung auf den Alkohol ausüben, während wir mit Chlorüren keinen merklichen Strom erhalten konnten. Vielleicht erhält man einen mit einem empfindlicheren Apparat, als der vorbenannte.

Kupferchlorid, gebildet aus der Lösung eines Kupferoxydsalzes in Kochsalz, wirkt unter dem Einflufs der chemischen Strahlen auf Alkohol, da das Kupferchlorid bei seiner Reaction auf Alkohol positiv ist, so müssen die Erscheinungen dieselben seyn wie beim Eisenchlorid. In diesem Fall erhielten wir:

Kupferchlorid + Alkohol —	Schirme.	Ablenkungen im Dunkeln,	im Licht.	Stromstärke durch Wirk. des Lichts.
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	6°	8°,5	2°,5
dito dito	Weifs. Glas	6	7 ,5	1 ,5
	Weifs. Glas	6	7 ,5	1 ,5

Calciumchlorid, das mit Leichtigkeit einen Theil seines Chlors abgiebt, wirkt ebenfalls auf Alkohol, und ist gleichfalls positiv gegen denselben. Man erhielt:

Chlorcalcium + Alkohol —	Schirme.	Ablenkungen im Dunk.,	im Licht.	Stromstärke durch Wirk. des Lichts.
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	7°	9°	2°
	Weifs Glas	7	8,2	1 ,2.

Zinnchlorid wirkt unter dem Einflufs der chemischen Strahlen ebenfalls auf Alkohol; da es aber negativ gegen diesen ist, und ein Theil des Chlors vom Chlorid, bei Einwirkung auf den Alkohol unter Einflufs der chemischen Strahlen, positive Elektricität annimmt, so folgt, dafs der ursprüngliche Strom, der stattfindet, wenn das Licht nicht in den Apparat eintritt, abnehmen mufs unter dem Einflusse der chemischen Strahlen. Diefs geschieht denn auch wirklich:

Zinnchlorid — Alkohol +	Schirme.	Ablenkungen im Dunkeln,	im Licht.	Stromstärke durch Wirk. des Lichts.
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	7°,15	6°,15	1°
	dito	8	7	1

Experimentirte man bei unruhiger Luft, so würden die beiden Flüssigkeiten bei ihrer Vermengung einen Strom zu erzeugen trachten, der von entgegengesetzter Richtung wäre mit dem, welchen die durch die chemischen Strahlen erzeugte Reaction hervorbringt.

Nachdem wir die Wirkung der Chloride auf Alkohol untersucht hatten, suchten wir, ob das Eisenchlo-

rid unter dem Einflusse der chemischen Strahlen auch auf Holzgeist und Aether wirken und einen elektrischen Strom hervorrufen würde. Diefs ist wirklich der Fall. Wir fanden:

Eisenchlorid + Holzgeist —	Schirme.	Ablenkungen im Dunkeln,	im Licht.	Stromstärke durch Wirk. des Lichts.
Apparat im	Ohne Schirm	1°	2°	1°
Sonnenschein	Weifs. Glas	1	1 ,5	0,5.

Bei Anwendung von Aether und Eisenchlorid erhielt man, unter Einflufs des gewöhnlichen Tageslichts, einen Strom von 1° bis 2°, wobei das Eisenchlorid positive, und der Aether negative Elektricität annahm.

Bringt man in den Apparat Alkohol und eine wäfsrige Lösung von Chlor oder Brom, so ist der Strom, der aus der chemischen Einwirkung der beiden Flüssigkeiten entspringt, so stark, dafs er die Nadel des Galvanometers auf 80° und selbst darüber treibt. Alsdann bedarf es, um die Nadel einen Grad weiter oder von 80° auf 81° abzulenken, einer viel beträchtlicheren Kraft als um die Nadel von 0° auf 1° zu bringen, und dadurch werden die Wirkungen der chemischen Strahlen unbeobachtbar.

Mittelst der elektrischen Ströme kann man die Zersetzung des Wassers durch Brom, unter dem Einflusse der chemischen Strahlen, sichtbar machen, wenn man Wasser, welches etwas Brom gelöst enthält, und Wasser, dessen Dichtigkeit durch irgend ein Salz erhöht ist, in den Apparat bringt. Alsdann bleibt die Nadel des Galvanometers nach einigen Minuten auf 20° oder 25° stehen, und man erhält unter dem Einflusse des Sonnenlichts 1° bis 2° Ablenkung mehr.

Mit Chlor, welches viel stärker wirkt als Brom, ist der ursprüngliche Strom zu kräftig, als dafs man die Wirkung der chemischen Strahlen auf das chlorhaltige Wasser beobachten könnte. Man kann indefs dahin gelan-

gen, wenn man einen eben so starken Strom, wie der durch Wirkung des Chlorwassers auf das Salzwasser erzeugte, in umgekehrter Richtung durch das Galvanometer leitet. Alsdann bleibt, so lange der Apparat im Dunkeln ist, die Nadel auf Null, und unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen weicht sie ab.

Uebrigens habe ich mich bei allen meinen Versuchen einer concentrirten wäfsrigen Auflösung von Eisenchlorid und des Alkohols bedient. In diesem Fall ist der Apparat leicht zu handhaben, und man hat unter dem Einflusse der chemischen Strahlen einen recht deutlichen Strom.

Von der chemischen Strahlung unter dem Einflufs von Schirmen.

I. Schirme von gleicher Natur.

Wir hatten bemerkt, dafs wenn man auf die Oeffnung *IK* des Apparats Schirme von verschiedener Natur legt und die chemischen Strahlen durch sie gehen läfst, die Ablenkung der Nadel durch den ersten Impuls niemals dieselbe war, sondern kleiner oder gröfser, je nach der Natur dieser Schirme. Wir haben demnach ihren Einflufs auf die chemischen Strahlen mittelst der Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen gesucht.

Wir haben Schirme von gleicher Substanz, aber verschiedener Dicke angewandt, zunächst zwei Glimmerblätter, eins (m) von $0^{mm},07$ und das andere (n) von $0^{mm},52$ Dicke.

Eisenchlorid +, Alkohol —.

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln,	im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts.
Ohne Schirm	1°,5	8°	6°,5
dito	1 ,5	8	6 ,5
dito	1	7 ,5	6 ,5
dito	1	8	7 ,0

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln,	im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts.
Glimmerblatt (*m*)	2°	7°	5°
Glimmerblatt (*n*)	2	4	2
dito dito	2	4	2
Glimmerblatt (*m*)	1 ,5	6 ,5	5
dito dito	1 ,5	6 ,5	5
Glimmerblatt (*n*)	2	4	2.

Wie man sieht, ist der, unter dem Einflusse der chemischen Strahlen erzeugte Strom bei Dazwischensetzung des Blättchens *m*, mehr als zwei Mal so stark, wie bei Dazwischensetzung des Blättchens *n*. Wir wollten nun wissen, ob dasselbe der Fall seyn würde, wenn man Platten von gröfserer und ungleicherer Dicke nähme.

Zu dem Ende wurden vier Platten von weifsem Glase angewandt, No. 1 von $1^{mm},1$, No. 2 von $1^{mm},2$, No. 3 von $2^{mm},9$, und No. 4 von $20^{mm},5$ Dicke. Wir haben mit den drei ersten Platten verschiedene Versuche gemacht, erwähnen indefs nur der Resultate eines einzigen.

Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel heiter.

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln,	im Licht.	Strom durch Wirk. des Lichts.
Ohne Schirm	2°	6°,5	4°,5
dito	2	6 ,5	4 ,5
Glas No. 1	2	5	3
dito	2	5	3
Glas No. 2	2	5	3
dito	2	5	3
Glas No. 3	2	5	3
dito	2	5	3
Ohne Schirm	2	6 ,5	4 ,5
dito	2	6 ,5	4 ,5.

Diese drei Glasplatten lassen also die chemischen Strahlen gleich gut durch. Bei Anwendung der $20^{mm},5$

dicken Platte fand sich, dafs sie von diesen Strahlen nicht mehr auffängt als die $1^m,2$ dicke Platte.

Man sieht also, dafs die chemischen Strahlen, eben so wie die Wärmestrahlen, einen Schirm desto leichter durchdringen, wenn sie bereits einen andern Schirm derselben Art durchdrungen haben; oder anders gesagt, von einer gewissen, wahrscheinlich für jeden Körper verschiedenen, Dicke an erleiden die chemischen Strahlen keine Veränderung mehr, wie grofs auch die Dicke seyn mag.

II. Schirme von gleicher Natur, aber verschiedener Farbe.

Wollaston, Ritter und Böckmann, später auch Bérard und andere Physiker, haben bemerkt, dafs die chemisch wirkenden, von Licht- und Wärmestrahlen verschiedenen Strahlen brechbarer sind als diese, und demgemäfs ihr Maximum im Violett des Spectrums und selbst darüber hinaus zu liegen haben. Wir wollten sehen, ob die Farben auch den in unserem Apparat erregten Strom abändern würden, und haben zu dem Ende Gläser angewandt, die, bei prismatischer Untersuchung, für die Zusammensetzung ihrer Farben folgende Resultate ergaben:

Angewandte Gläser.	Durchgelassene Farbenstrahlen.
Rothes Glas *A*	reines Roth.
Hellgelbes Glas *B* . . .	Roth, Orange, Gelb, Grün.
Grünes Glas *C*	Grün, schwache Streifen von Orange, Gelb, Blau.
Blaues Glas *D*	Roth, Grün, Blau, schwache Streifen von Indigo und Violett.
Violettes Glas *E* . . .	Roth, Violett, schwache Streifen von Orange, Gelb, Grün.
Weifses Glas *a*	

Mit diesen Gläsern und mit Anwendung von Eisenchlorid und Alkohol ergab sich Folgendes:

Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel bedeckt.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Strom durch Wirk. d. Lichts.	Anzahl der durchgehenden Strahlen.
Ohne Schirm	4°	6°	2°	100
dito dito	4	6	2	100
Weifs. Glas *a*	4	5	1	50
dito dito	4	5	1	0
Rothes Glas *A*	3 ,5	3 ,8	0	0
Violett. Glas *E*	3 ,5	4,3	0 ,5	40
dito dito	3	4		(Die einfallend.
dito dito	3	3 ,8		Strahl. =100)

Mit 100 haben wir die Anzahl der einfallenden Strahlen bezeichnet, d. h. diejenigen, die in die Flüssigkeit eindringen, wenn zwischen diese und das Tageslicht kein Schirm eingeschaltet ist. Die Zahlen, welche die durch die Schirme gegangenen Strahlen vorstellen, sind in der Annahme berechnet, dafs sie den Intensitäten des Stroms proportional seyen.

Durch eine andere Reihe von Versuchen fanden wir:

Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel bedeckt.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Strom durch Wirk.d.Lichts.	Anzahl d. durchgehend. Strahlen.
Ohne Schirm	1°	3°,0	2°	100
dito dito	0 ,5	2 ,5	2	100
Weifs. Glas *a*	0 ,5	1 ,8	1 ,3	65
dito dito	0 ,5	1 ,8	1 ,3	65
Rothes Glas *A*	0 ,5	0 ,5	0	0
Gelbes Glas *B*	0	0	0	0
Grünes Glas *C*	0	fast 0		0
Blaues Glas *D*	0	0 ,5	0 ,5	25
dito dito	0	0 ,5	0 ,5	25
Violettes Glas *E*	0	0 ,8	0 ,8	40
dito dito	0	0 ,8	0 ,8	40

Himmel heiter.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Strom durch Wirk.d.Lichts.	Anzahl d. durchgehend. Strahlen.
Ohne Schirm	2°	6°,5	4°,5	100
dito dito	2	6 ,5	4 ,5	100
Weifses Glas *a*	2	5	3	66,6
dito dito	2	5	3	66,6
Violettes Glas *E*	2	4	2	44,4
dito dito	2	4	2	44,4
Blaues Glas *D*	2	3 ,2	1 ,2	26,6
dito dito	2	3 ,2	1 ,2	26,6
Grünes Glas *C*	2	2	0	0
Gelbes Glas *B*	2	2	0	0
Rothes Glas *A*	2	2	0	0
Ohne Schirm	2	6 ,5	4 ,5	100

Nimmt man das Mittel aus den drei Versuchsreihen, so kann man, in absteigender Ordnung des Durchgangs der chemischen Strahlung, folgende Tafel bilden:

Schirme.	Durchgehende Strahlen. (Die einfallenden =100.)
Ohne Schirm	100
Weifses Glas *a*	60,5
Violettes Glas *E*	41,2
Blaues Glas *D*	25,8
Grünes Glas *C*	unmerklich
Gelbes Glas *B*	0
Rothes Glas *A*	0.

Aus dieser Tafel ersieht man, dafs die Reihenfolge der farbigen Schirme hinsichtlich ihres Durchlasses der chemischen Strahlen dieselbe ist, wie die hinsichtlich des Durchlasses der phosphorogenischen Strahlen des elektrischen Funkens, denn, nach den Versuchen meines Vaters [1]), läfst das violette Glas diese Strahlung fast eben so gut durch als das weifse Glas, während das rothe Glas sie vollständig auffängt.

1) Annalen, Bd. XXXXIX S. 548.

III. Schirme von verschiedener Natur.

Wir haben auch versucht, in welchem Verhältnifs die chemische Strahlung beim Durchgang durch Schirme von verschiedener Natur aufgefangen werde. Die angewandten Schirme waren:

	Dicke
Weifses Glas *a*	1,1 Mm.
Rauchtopas No. 1	6
dito No. 2	20,5
Gyps (gestreift, nur durchscheinend)	9
Glimmer *m*	0,07
Glimmer *n*	0,52

Dünnes Glaspapier (*Papier de gélatine*).

Von den Rauchtopasplatten liefs No. 2 die chemischen Strahlen eben so gut durch, wie No. 1. Der Unterschied rührte vermuthlich nur davon her, dafs wenn No. 2 auf den Apparat gelegt wurde, wegen der Dicke dieser Platte, ein Theil des Himmels für die Flüssigkeit verdeckt war. Mit den andern Schirmen erhielten wir folgende Resultate:

Eisenchlorid +, Alkohol —.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts.	Zahl der durchgehenden Strahlen.
Ohne Schirm	2°	8°,5	6°,5	100
dito dito	2	8 ,5	6 ,5	100
Glimmer *m*	2	7	5	76,9
dito dito	2	7	5	76,9
Glimmer *n*	2	4	2	30,7
dito dito	2	4	2	30,7
Weifses Glas *a*	1 ,5	6	4 ,5	69,2
dito dito	1 ,5	6	4 ,5	69,2
Gyps	1 ,2	5	3 ,8	58,5
dito	1 ,2	5	3 ,8	58,5
Ohne Schirm	1	7 ,5	6 ,5	100
dito dito	1	7 ,5	6 ,5	100

Bei drei andern Versuchen erhielten wir mit demselben Apparat:

Eisenchlorid +, Alkohol —.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts	Zahl der durchgehenden Strahlen.
Versuch I.				
Ohne Schirm	6°	9°,5	3°,5	100
dito dito	6	9 ,5	3 ,5	100
Weifs. Glas *a*	6	7 ,5	1 ,7	48,6
dito dito	6	8	1 ,7	48,6
Rauchtop. No. 1	6	9	3	85,7
dito dito	6	9	3	85,7
Versuch II.				
Ohne Schirm	4	6	2	100
dito dito	4	6	2	100
Weifs. Glas *a*	4	5	1	50
dito dito	4	5	1	50
Rauchtop. No. 1	3	4 ,5	1 ,5	75
dito dito	3	4 ,5	1 ,5	75
Versuch III.				
Ohne Schirm	2	6 ,5	4 ,5	100
dito dito	2	6 ,5	4 ,5	100
Weifs. Glas *a*	2	5	3	66,6
dito dito	2	5	3	66,6
Rauchtop. No. 1	2	5 ,5	3 ,5	77,7
dito dito	2	5 ,5	3 ,5	77,7.

Mit einem Schirm aus dünnem Glaspapier erhielten wir:

Eisenchlorid +, Alkohol —, im Sonnenschein.

Ohne Schirm	1°,5	5°,8	4°,7	100
dito dito	1 ,2	6	4°,7	100
dito dito	1	6	4 ,7	100
Glaspapier	1 ,5	3 ,5	2	42,5
dito	1 ,2	3 ,2	2	42,5
dito	1	3	2	42,5.

Nimmt

Nimmt man das Mittel aus den Zahlen, welche die Mengen der durch die verschiedenartigen Schirme gegangenen Strahlen vorstellen, so erhält man:

Schirme.	Zahl der durchgegang. Strahlen. (die der einfallenden = 100.)
Weifses Glas *a*	58,6
Rauchtopas No. 1	79,4
Gyps	58,5
Glimmer *m*, dick $0^{mm},07$	76,9
Glimmer *n*, - $0^{mm},52$	37,0
Glaspapier	42,5

Die für den Gyps gefundene Zahl 58,5 darf man nicht als dem klaren Gyps angehörig betrachten; denn die von uns angewandte Platte war gestreift und nur durchscheinend.

Frau Somerville und später Hr. Biot haben gezeigt, dafs das empfindliche Chlorsilberpapier vom Sonnenlicht unter verschiedenen Schirmen ungleich verändert wird; mittelst des beschriebenen Verfahrens hat man gegenwärtig nicht mehr nöthig, die verschiedenen Färbungen des Chlorsilbers zu vergleichen, um die Wirkung der chemischen Strahlen zu beurtheilen, da diese Wirkung gemessen werden kann durch die Intensität des elektrischen Stroms, der bei Einwirkung des Lichts auf die Bestandtheile der Körper entsteht.

Andererseits haben die Arbeiten meines Vaters und des Hrn. Biot gezeigt, dafs die, von der Licht- und Wärmestrahlung verschiedene, phosphorogenische Strahlung des elektrischen und des Sonnenlichts theilweis aufgefangen werden kann von verschiedenartigen Schirmen.

Aus den obigen Tafeln ersieht man, dafs die verschiedenartigen Schirme in Bezug auf den Durchgang der chemischen Strahlung dieselbe Ordnung befolgen, wie in Bezug auf die phosphorogenische; allein, was die Intensität der Wirkung betrifft, so scheint sie für die phos-

phorogenische Strahlung des elektrischen Lichts nicht dieselbe zu seyn, da das Glas einen sehr grofsen Theil dieser letzteren auffängt, während der Bergkrystall den gröfsten Theil durchläfst. Wie dem aber auch sey, so scheinen doch zwischen der phosphorogenischen und chemischen Strahlung Beziehungen zu bestehen, welche, wenn ich sie untersucht habe, in einer künftigen Abhandlung bekannt machen werde.

Hr. Biot hat mir eingeworfen, dafs das von mir angewandte Verfahren nur ein anzeigendes, kein messendes sey. Dem ist aber nicht so. Ich erinnere nur, dafs die Leitungsfähigkeit der beiden Flüssigkeiten im Laufe der Versuche nicht verändert wurde, die zur Auffangung der entwickelten Elektricität bestimmten Platinplatten keinen Angriff erfuhren und die Intensität des Stroms proportional ist der Stärke der chemischen Action, so dafs man annehmen kann, es finde zwischen der Intensität des elektrischen Stroms und der Anzahl der durch die flüssige Masse gegangenen chemischen Strahlen eine Proportionalität statt.

Ueberdiefs werden folgende Versuche diefs Gesetz bestätigen. Ich brachte einen Apparat, in welchem Eisenchlorid und Alkohol über einander geschichtet waren, in Sonnenschein und legte auf denselben eine Pappscheibe mit einem Loch von 6 Centim. Durchmesser, das zur Hälfte mit einer Blei- oder Holzplatte verdeckt werden konnte. Die Stellung dieses Apparats war eine solche, dafs, wenn nur eine Seite des Loches offen war, auch nur die Hälfte des Apparats und die Hälfte der Platinplatten den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. Alsdann fand eine gewisse Ablenkung statt. Wenn man nun das Loch ganz öffnete, so fiel die doppelte Menge Sonnenstrahlen ein, und folglich wurde auch die Anzahl der in die Flüssigkeit eindringenden chemischen Strahlen verdoppelt. Die Ablenkung der Magnetnadel war eine solche, dafs sie einer doppelten Intensität des Stroms folg-

lich der Anzahl der wirkenden Strahlen entsprach. Nachstehendes sind die Resultate zweier Versuche:

Loch im Schirm, geöffnet:	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Stromstärke, im Dunkeln,	Apparat, im Licht.	Stromstärke vom Licht erzeugt.
halb	7°	18°,5	7	18,75	11,75
dito	7	19			
ganz	7	26	7	29	22
dito	7	27			
halb	8	14 ,5	8	14,5	6,5
ganz	8	20 ,5	8	20,5	12,5.

III. *Ueber die elektrischen Wirkungen unter Einflufs der Sonnenstrahlen; von E. Becquerel.*

(*Compt. rend. T. IX p.* 561.)

I. Wirkung der Strahlung auf Metallplatten.

In der letzten Abhandlung, welche ich die Ehre hatte der Academie der Wissenschaften zu Paris zu überreichen (Es ist die vorhergehende. *P.*), bemühte ich mich, die chemischen Reactionen, welche beim Contact zweier Flüssigkeiten unter dem Einflufs des Sonnenlichts stattfinden, mit Hülfe elektrischer Ströme darzuthun. Das dabei angewandte Verfahren erforderte die Anwendung zweier Platinplatten, von denen jede in eine der über einander geschichteten Flüssigkeiten eingetaucht und mit einem der Enden eines sehr empfindlichen Multiplicators verknüpft war. Da nun hiebei die Platten selber die Wirkung der Strahlung erfuhren, so mufsten daraus verwickelte Erscheinungen erfolgen. Mit diesen werde ich mich in gegenwärtiger Abhandlung beschäftigen, so dafs

man im Stande seyn wird, den Antheil eines jeden der erzeugten Effecte zu beurtheilen.

Wenn zwei vollkommen reine, aber ungleich warme Platinplatten in eine Flüssigkeit getaucht werden, so entsteht sogleich ein elektrischer Strom, und zwar von solcher Richtung, dafs die wärmere Platte negative Elektricität von der Flüssigkeit aufnimmt, diese mag aus reinem oder alkalischem Wasser bestehen. Das Gegentheil findet statt, wenn man gesäuertes Wasser anwendet. Da dieselbe Erscheinung auch eintritt, wenn man zwei Platin- oder Goldplatten in einer sauren, neutralen oder alkalischen Lösung den Sonnenstrahlen aussetzt, so ist es wichtig zu wissen, bis zu welchem Punkt die Wärmestrahlung bei dem Phänomene mitwirke.

Um die Effecte der Sonnenstrahlung zu beobachten, nehme man eine inwendig geschwärzte Holzbüchse, die durch eine sehr dünne Membran in zwei Zellen getheilt ist. Beide Zellen fülle man mit der Probelösung, und tauche in jede eine Platinplatte, die zuvor bis zum Rothglühen erhitzt worden ist. Die Platinplatten verknüpfe man mit einem guten, langdrähtigen Multiplicator, und bedecke endlich jede Zelle mit einem Brett, um das Sonnenlicht abzuhalten. Beim Versuche hebt man folgweise jedes Brett ab.

Ich suchte zuvörderst nach, in welcher Ordnung verschiedenartig gefärbte Schirme rücksichtlich der auf eine Thermosäule wirkenden Sonnenstrahlung stehen. Diese Ordnung ist eine ganz andere; ich brauche nur zu erwähnen, dafs ein gelbes Glas, welches sehr diatherman ist, jede Wirkung des Sonnenlichts auf die Platinplatten vollständig auffängt.

Hr. Melloni hat gezeigt, dafs Wärmestrahlen von ungleicher Brechbarkeit ungleich absorbirt werden von einem Wasserschirm von einem Millimeter Dicke, und dafs der Verlust im umgekehrten Verhältnifs der Brechbarkeit steht. Da aber bei den früheren Versuchen die Sonnenstrahlen

eine Flüssigkeitsschicht durchdringen, ehe sie die Platinplatten treffen, so wollte ich die Thermosäule in dieselbe relative Lage als die beiden Platinplatten bringen. Ich habe daher gesucht, welche Ordnung die Schirme bei Dazwischensetzung zwischen die flüssige Schicht und die Thermosäule einnehmen. In diesem Fall läfst das eben erwähnte gelbe Glas noch einen grofsen Theil der strahlenden Wärme durch. Die Ordnung der übrigen Schirme ist ganz verschieden von der, welche man für die Platinplatten findet. Daraus mufs man schliefsen, dafs es nicht die Wärmestrahlung ist, welche diefs Phänomen erzeugt, sondern die Strahlung, welche die brechbarsten Lichtstrahlen begleitet, wie die verschiedenen Schirme, so wie die verschiedenen Theile des Spectrums anzudeuten scheinen.

In der That stellte ich eine der zuvor bis zur Rothgluth erhitzt gewesenen Platinplatten gegen eine Seite eines Glaskastens, der, bis auf die der Platte gegenüberliegende Stelle, geschwärzt war, und liefs nun auf die Platte successiv die verschiedenen Farbenstrahlen eines aus Sonnenlicht gebildeten Spectrums fallen. Es entstand aber kein merklicher elektrischer Strom anders, als wenn die Platte den violetten oder blauen Strahlen ausgesetzt ward.

Allemal, wenn die Platinplatten sehr rein sind, wenn sie in concentrirter Salpetersäure gelegen haben und darauf geglüht worden sind, sind die Strahlen des Spectrums durchaus unvermögend die elektrischen Ströme zu erzeugen, deren Ursache wir aufsuchen. Dieser Versuch strebt zu beweisen, dafs die Strahlen, welche auf die in Flüssigkeiten getauchten Platin- oder Goldplatten wirken, brechbarer sind als die Wärmestrahlen.

Man kann fragen, auf welche Weise diese Strahlen im gegenwärtigen Falle wirken. Diefs ist eine schwer zu beantwortende Frage. Indefs da die Wirkung fast Null ist, wenn die Platten sehr rein und sehr blank sind,

so könnte es seyn, dafs die Effecte, welche eintreten, wenn sie sich nicht in diesem Zustand befinden, von einer Wirkung der chemischen Strahlen auf äufserst feine, an der Oberfläche haftende Theilchen herrührten. Da die Natur dieser Theilchen unbekannt ist, so wird man natürlich zunächst darauf geführt, zu untersuchen, welchen Einflufs auf das Phänomen die Gegenwart von Theilchen haben könnte, die am Licht unveränderlich sind, wie Kohle und verschiedene Metalloxyde, die man in sehr dünnen Schichten auf die Platten brächte. Wenn man aber so bekleidete Platten den Sonnenstrahlen aussetzt, nimmt die Wirkung nicht zu, sondern ab, ein Resultat, gerade umgekehrt von dem, was geschehen müfste, wenn das Phänomen eins der Wärme wäre, die auf die Platten gebrachten Substanzen ein stärkeres Absorptionsvermögen hätten als das Platin.

Ich habe auch mit Platten von oxydirbaren Metallen experimentirt.

Messingplatten. — Als recht blanke Messingplatten in den mit Wasser und einigen Tropfen Salpetersäure gefüllten Zellen-Apparat gebracht wurden, entstand bei Zulassung der Sonnenstrahlen ein Strom von 4° bis 5°. Hierauf leitete man durch die beiden Platten, als Elektroden angewandt, einen elektrischen Strom; die positive Platte oxydirte sich, während die andere blank blieb. Man setzte sie nun successiv dem Sonnenlicht aus. Die blanke Platte verhielt sich wie vorhin, d. h. nahm positive Elektricität von der Flüssigkeit an, während die oxydirte Platte stark negativ wurde. Als man die Platten hierauf in umgekehrter Ordnung als Elektroden anwandte, blieben die Resultate noch dieselben. Eine der oxydirten Platten successiv in die verschiedenen Farbenstrahlen des Sonnenspectrums gebracht, gab:

Strahlen:	Stromstärke beim ersten Impuls.	Strahlen:	Stromstärke beim ersten Impuls.
rothe	1°	blaue	2°
orangefarb.	1	indigfarb.	2
gelbe	2	violette	0
grüne	4		

Silberplatten. — In den Zellen-Apparat, der Wasser mit Schwefelsäure angesäuert enthielt, wurden sehr blanke Silberplatten gebracht. Darauf successiv den Sonnenstrahlen ausgesetzt, gaben sie einen Strom von 1° bis 2°. Die bestrahlte Platte war negativ gegen die Flüssigkeit. Dieselben Platten als Elektroden angewandt und die positive oder oxydirte dem Sonnenlicht ausgesetzt, erhielt man keinen stärkeren Strom.

Da diese schwache Wirkung vernachlässigt werden konnte, so liefs ich Brom-, Jod- und Chlordämpfe sich auf die Silberplatten ablagern. Mit einer dicken Schicht Jod auf der Platte erhielt ich einen ziemlich intensiven Strom, in solcher Richtung, dafs die dem Sonnenschein ausgesetzte Platte negative Elektricität von der Flüssigkeit aufnahm, ein Resultat, woraus die Wirkung des Jods auf das Silber hervorging. War die Jodschicht sehr dünn, so erhielt ich einen Strom von entgegengesetzter Richtung, was eine umgekehrte chemische Action wie vorhin anzeigen würde; der erste Impuls bei einem vom gewöhnlichen Tageslicht erregten Strom betrug 45°.

Brom statt des Jods angewandt, giebt einen ziemlich starken Strom, immer in der Richtung, dafs die bestrahlte Platte negativ gegen die Flüssigkeit ist.

Diese Ströme haben immer nur eine kurze Dauer; denn eine Bestrahlung vom Tageslicht auf einige Augenblicke reicht hin, die Reaction des Broms und Jods auf das Silber gänzlich zu vollführen.

Mit Chlor ist der Strom so unbedeutend, dafs der Effect nicht von dem abweicht, welchen man mit blofsen Platinplatten erhält.

II. **Elektrische Ströme, entwickelt durch Zersetzung des Chlor-, Brom- und Jodsilbers unter Einfluſs des Sonnenlichts.**

Wird Silberchlorid dem Lichte ausgesetzt, so verliert es von seinem Chlor und geht in ein Silbersubchlorid über. Obwohl es, in Masse, kein Elektricitätsleiter ist, so wird es ein solcher in sehr dünner Schicht, und daraus folgt, daſs sie die elektrischen Wirkungen des Sonnenlichts auf diesen Körper beobachten lassen. Zu dem Ende streiche man es, frisch bereitet, auf eine Platinplatte und tauche diese in Wasser, das durch Zusatz einiger Tropfen Säure, z. B. Salpetersäure, leitend gemacht ist. So wie man die Platte den Sonnenstrahlen oder selbst dem Tageslicht aussetzt, schwärzt sich das Chlorid und die Galvanometernadel weicht um mehre Grade ab, in einem Sinn, der anzeigt, daſs die Platte positiv ist. Dieſs Ergebniſs ist leicht zu erklären. Das Chlorid nimmt, bei seiner Zersetzung, positive Elektricität an, und überträgt diese auf die Metallplatte, mit der es in Berührung steht, während die Flüssigkeit negative Elektricität annimmt. Eine Silberplatte kann man nicht anwenden, weil die Wirkung des aus der Zersetzung des Chlorids herrührenden Chlors auf das Silber einen umgekehrten Strom erzeugt, wie den, welchen man studirt. Eine Goldplatte verhält sich eben so wie eine Platinplatte.

Das beste Mittel, das Chlorsilber auf die Platte zu befestigen, besteht darin, daſs man es im feuchten Zustande auf dieselbe ausstreicht, und diese alsdann im Dunkeln gelinde erhitzt. Das Chlorid haftet dann so fest, daſs es bei keiner Stellung der Platte in der Flüssigkeit abfällt.

Bromsilber, welches sich im Lichte schneller zersetzt als das Chlorsilber, giebt auch einen stärkeren Strom. Um die Wirkungen der Strahlungen auf beide Silberpräparate zu vergleichen, überzog ich zwei Platinplatten, jede

von 4 Quadratcentimeter, die eine mit Chlor-, die andere mit Bromsilber, und brachte sie nach einander in den Zellen-Apparat. Bei gewöhnlichem Tageslicht gab das Chlorid 15°, und das Bromid 26° Ablenkung. Im Sonnenlicht trieb das Bromid in den ersten Augenblicken die Nadel auf 55°; bei einem andern Versuch gab das Bromid im gewöhnlichen Tageslicht einen ersten Impuls von 75°. Diese Unterschiede in den Wirkungen entspringen aus der Bereitung der Substanzen und der Dicke, in welcher sie auf den Platten befestigt sind.

Ein charakteristischer Unterschied dieser beiden Körper besteht aber darin, dafs das Chlorid sehr lange Zeit hindurch einen Strom von gleicher Intensität liefert; selbst nach zweistündiger Bestrahlung vom Sonnenlicht hat man noch einen merklichen Strom. Anders verhält es sich mit dem Bromid; nachdem es 10 Minuten dem gewöhnlichen Tageslicht ausgesetzt worden, hat es seine Fähigkeit, einen Strom zu geben, gänzlich verloren.

Das Jodsilber, welches seine Farbe nicht merklich im Lichte ändert, giebt defsungeachtet unter denselben Umständen einen fast eben so intensiven Strom wie das Chlorsilber; doch ist er nicht so lange constant. Der vom Silberjodid erzeugte Strom zeigt an, dafs dieses sich unter der Wirkung des Lichts in Subjodid verwandelt. Wahrscheinlich hat man bei Erklärung der Erscheinungen, welche bei Entstehung der Daguerre'schen Lichtbilder vor sich gehen, auf diese Umwandlung Rücksicht zu nehmen. Uebrigens werden wir späterhin hierauf zurückkommen.

Die Eigenschaft des Chlorsilbers, eine Zeit lang einen ziemlich constanten Strom zu geben, gestattet, mittelst desselben die Anzahl der die Schirme durchdringenden chemischen Strahlen zu vergleichen, so wie auch die Vertheilung der Strahlen, die im Sonnenspectrum auf das Chlorsilber einwirken. Hier die Resultate zweier Versuche:

Schirme.	Stromstärke.	Strahlen d. Spectrums.	Stromstärke.
Ohne Schirm	100°	Rothe	0
Weiſses Glas	66	Orangefarbene	0
Violettes dito	53	Gelbe	0
Blaues dito	40	Grüne	Spur
Grünes dito	0	Blaue	0°,75
Gelbes dito	0	Indigfarbene	1
Rothes dito	0	Violette	3
		Jenseits Violett	3

Zusammengefaſst geht aus dieser Abhandlung hervor:

1) Strahlen, welche die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts begleiten, üben auf Metallplatten, die in eine Flüssigkeit getaucht sind, eine solche Wirkung aus, daſs daraus elektrische Effecte entspringen, die man nicht von Wärme ableiten kann.

2) Die Zersetzung des Chlor-, Brom- und Jodsilbers unter Einfluſs des Lichts, bringt elektrische Effecte hervor, die zur Vergleichung der activen chemischen Strahlen dienen können.

Man sieht also, daſs, wenn man die bei gegenseitiger Reaction zweier Lösungen erzeugten elektrischen Effecte anwenden will, um diese Reaction unter Einfluſs des Lichtes zu studiren, man die Wirkung der Sonnenstrahlung auf die angewandten Metallplatten berücksichtigen muſs, eine Wirkung, die man von der Gesammtwirkung leicht trennen kann, wenn man den successiv mit beiden Flüssigkeiten angefüllten Apparat anwendet. Uebrigens werde ich in einer anderen Abhandlung auf die Unterscheidung dieser beiden Wirkungen zurückkommen.

IV. *Ueber die chemischen Strahlen, welche das Licht der Sonne und des elektrischen Funkens begleiten; von E. Becquerel* [1]).

I. Chemische Wirkung des Sonnenspectrums. Zwei Klassen von chemischen Strahlen.

Die Reactionen, welche unter dem Einflufs der chemischen Strahlen des Sonnenlichts zwischen den Bestandtheilen von Körpern auftreten, sind schon Gegenstand der Untersuchungen mehrer Physiker gewesen; und diese waren hauptsächlich gerichtet auf Salze von Silber, Gold und anderen leicht reducirbaren Metallen, auf Phosphor, Guajakharz und das Gemenge aus gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff.

Scheele hat zuerst die Wirkung verschiedener Theile des Spectrums auf ein mit Chlorsilber überzogenes Papier untersucht; er sah dieses Papier stärker in violetten als in den übrigen Strahlen geschwärzt werden. Später zeigten Wollaston und Ritter, dafs die Färbung nicht blofs auf dem vom Violett eingenommenen Raum stattfindet, sondern sich auch noch in gleichem Grade auf eine ähnliche Strecke jenseits des sichtbaren Spectrums ausdehnt. Nach diesen, durch Böckmann und Bérard bestätigten Versuchen, zeigte Wollaston, dafs diese und andere gewöhnlich dem Lichte zugeschriebenen Wirkungen in der That von keinen, mit dem Gesichtsorgane wahrnehmbaren Strahlen herrühren, sondern von andern in deren Begleitung, die unsichtbar sind.

Phosphor, von Vogel derselben Wirkung unterworfen, färbte sich mehr oder weniger, je nach der Stelle des Spectrums, in welchem er sich befand. Und es zeigte sich, dafs die brechbarsten Strahlen ihn am stärksten fär-

1) *Bibl. univers. N. S. T. XXXIII p.* 400.

ben, die rothen dagegen ohne Wirkung auf ihn sind. Es sind auch die brechbarsten Strahlen, welche die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff am schnellsten bewirken. Dasselbe geschieht bei der Wirkung des Lichts auf ein mit Chromsäure oder Guajakharz bestrichenes Papier; die brechbarsten Strahlen färben das Harz am meisten, während die wenigst brechbaren am leichtesten eine umgekehrte Wirkung hervorbringen. Wollaston zeigte zuerst, dafs dieser zweite Effect auch von Wärme hervorgebracht werde. Bei diesem Versuch, so wie bei andern, wo man in den rothen Strahlen eine Wirkung auf Blei- und Quecksilbersalze beobachtet hat, wirkten wahrscheinlich die Wärmestrahlen allein.

Seebeck beobachtete, dafs Chlorsilber-Papier in den rothen Strahlen eine röthliche Farbe annimmt. Herschel bestätigte neuerdings diese Thatsache, und zeigte überdiefs, dafs die äufsersten rothen Strahlen das empfindliche Chlorsilber-Papier nicht färben, dafs sie aber die Eigenschaft haben, die Schwärzung desselben im gewöhnlichen Tageslicht zu verhindern, und dafs in allen übrigen prismatischen Farben die Färbung gleich gut stattfindet. Da man aber das Papier einige Zeit im Sonnenspectrum liegen lassen mufs, und dieses von einer grofsen Masse diffusen Lichts begleitet wird, so bildet sich der Eindruck auf ein schon vom Licht verändertes Papier, und dann, wie wir weiterhin sehen werden, ist eine gröfsere Anzahl wirksamer Strahlen vorhanden, als wenn das Papier noch nicht bestrahlt (*impressioné*) worden ist.

Herschel hat überdiefs gefunden, dafs die äufsersten rothen Strahlen, welche man erhält, wenn man Sonnenlicht durch rothes Glas gehen läfst, dem schon veränderten (*impressionné*) empfindlichen Chlorsilber-Papier eine röthliche Farbe ertheilen. Der berühmte englische Physiker leitet diese Wirkung davon ab, dafs die äufsersten rothen Strahlen eine langsame und stufenweise Zerstörung der von den andern Strahlen erzeugten Far-

benschichten veranlassen. Sie könnte aber wohl eher von den Wärmestrahlen herrühren, da diese, für sich, dieselbe Erscheinung hervorbringen.

Das waren die hauptsächlichsten Thatsachen in Betreff des Einflusses der verschiedenen Theile des Sonnenlichts auf verschiedene chemische Verbindungen, als ich die Wirkung des Sonnenspectrums auf Silbersalze von Neuem zu studiren begann. Ich bin zu neuen Resultaten gelangt, welche zeigen, daſs das chemische Agens, welches das Licht begleitet, wenigstens aus zweierlei Strahlen besteht. Folgendes sind die Thatsachen, welche diese Unterscheidung festzustellen trachten.

Ich habe hauptsächlich mit Bromsilber-Papier gearbeitet, welches bekanntlich auf die Weise bereitet wird, daſs man auf ein Blatt Papier erstlich eine Schicht von wäſsriger Bromkalium-Lösung streicht, und dann, wenn sie getrocknet ist, eine von salpetersaurem Silber. Dieſs Papier hat den Vorzug, empfindlicher zu seyn als das mit Chlorsilber bereitete.

Wenn man eins dieser Papiere in vollständiger Dunkelheit bereitet hat, und sogleich hernach das mit einem gewöhnlichen Glasprisma erhaltene Spectrum eines Bündels Sonnenlicht auf dasselbe fallen läſst, so findet man es, nach einigen Minuten, in den blauen, indigfarbenen und violetten Strahlen gefärbt. Wenn man aber, bevor man es dem Spectrum aussetzt, das Tageslicht darauf einwirken läſst, so ist dem nicht also, und die Färbung findet sich nicht nur in den brechbarsten Strahlen, sondern auch in den oberen Theilen des Spectrums bis zum Roth. Diese Färbung des Papiers in den orangenen, gelben und grünen Strahlen rührt, wie man sogleich sehen wird, von Strahlen her, die nicht auf gleiche Weise wie die schon studirten chemischen Strahlen wirken.

Statt eines empfindlichen Papiers, das noch nicht bestrahlt (*impressioné*) war, nahm ich ein Bromsilber-Papier, auf welchem sehr schmale, abwechselnd bestrahlte

und nicht bestrahlte Parallelstreifen gemacht waren. — Man erhält diese Streifen leicht, wenn man ein frisch bereitetes Blatt empfindlichen Papiers, unter zweckmäfsig ausgeschnittene Pappe gelegt, dem Tageslicht aussetzt, doch nur so lange, dafs die Färbung der blofsliegenden Streifen kaum merklich wird. Läfst man nun auf dieses Papier das Sonnenspectrum fallen, so bemerkt man einige Zeit hernach folgende Resultate: Der ganze Theil, der den blauen, indigfarbenen und violetten, und jenseits des Violett liegenden Strahlen ausgesetzt war, ist geschwärzt wie vorhin, während sich in den orangefarbenen, gelben und grünen Strahlen schwarze Streifen befinden, die in dem Grünen eine Tiefe haben, fast wie die des Papiers im Violett. Diese Streifen sind diejenigen, welche schon einen Lichteindruck erfuhren, während die, welche ihn noch nicht erlitten, vollständig weifs geblieben sind. Man sieht von diesen Streifen noch einige zu Anfange des Blau; allein hier hören sie bald auf, denn, in diesen Strahlen, haben die ursprünglich nicht bestrahlten Streifen schon fast dieselbe Farbe wie die ersteren.

Statt ein Papier anzuwenden, auf welchen abwechselnd bestrahlte und nicht bestrahlte Streifen gebildet worden, kann man auch ein Bromsilber-Papier nehmen, welches man, unter eine mit vielen kleinen Löchern versehene Pappscheibe gelegt, zuvor dem Tageslicht ausgesetzt hat, doch nur auf einige Secunden. Wenn man alsdann dieses Papier in das Spectrum bringt, sieht man in den grünen, gelben und orangefarbenen Strahlen schwarze Stellen, welche genau die schon vom Licht getroffenen Stellen sind, und fortgefahren haben, sich in dem oberen Theil des Spectrums zu schwärzen.

Diese, von andern Versuchen und durch die sogleich zu beschreibende Wirkung der Schirme bestätigten Resultate zeigen, dafs das Licht begleitet wird einerseits von den gewöhnlichen chemischen Strahlen, die auf Silbersalze einwirken und sich von der Gränze des Grün

und Blau bis über das Violett hinaus erstrecken, andererseits aber von Strahlen, welche zwar dieselbe Umwandlung bewirken, jedoch nicht anfangen, sondern nur, wenn sie begonnen ist, fortsetzen. Diese Strahlen erstrecken sich vom Roth bis zum Blau. Vielleicht erstrecken sie sich noch weiter; allein dort verlaufen sie sich in die Wirkung der ersteren, so dafs es unmöglich ist, sie von einander zu unterscheiden, denn ist einmal die Wirkung angefangen, so fährt sie fort, sowohl durch die Wirkung der ersteren, als durch die der letzteren.

Um diese beiden Klassen von Strahlen zu unterscheiden, nenne ich diejenigen, welche hinsichtlich ihrer Brechbarkeit sich fast von den grünen Strahlen bis jenseits der violetten erstrecken, *erregende chemische Strahlen* (*rayons chimiques excitateurs*), und die andern, welche eine angefangene Wirkung fortsetzen, *unterhaltende* (fortsetzende) *chemische Strahlen* (*rayons chimiques continuateurs*).

Man kann die fortsetzenden chemischen Strahlen auch auf folgende Weise wahrnehmbar machen. — Nachdem man Bromsilber-Papier, wie vorhin angegeben, bereitet hat, bedecke man es mit einem Blatt gewöhnlichen Papiers, auf welches einige Buchstaben geschrieben sind, und setze es so einige Zeit dem Lichte aus. Bliebe das Papier lange genug im Lichte, so würde die Schrift in Weifs auf schwarzem Grund zum Vorschein kommen; man läfst es aber nur so lange liegen, als zum Beginn der Wirkung erforderlich ist, als das Papier, in einem dunklen Zimmer bei Kerzenlicht betrachtet, noch fast weifs erscheint. Um dieses Resultat zu erlangen, braucht man es nur einige Secunden dem Sonnenschein auszusetzen. Bleibt nun hierauf das Papier noch im Dunkeln, so färbt es sich nicht; läfst man aber das Sonnenspectrum auf dasselbe fallen so sieht man nach einiger Zeit in den gelben, grünen und orangefarbenen Strahlen die Schrift in Weifs auf schwarzem Grund zum Vorschein kommen, während das Papier

in den blauen, indigfarbenen, violetten Strahlen und darüber hinaus vollständig geschwärzt (*coloré*), und sonst überall weifs geblieben ist. Durch diese zweite Verfahrungsweise wird die Anwesenheit der Strahlen zweiter Ordnung in dem oberen Theile des Sonnenspectrums deutlich erwiesen.

II. Wirkung der Schirme.

Ich will nun für den in Rede stehenden Fall untersuchen, was geschieht, wenn man zwischen das Licht und das Bromsilber verschiedenartige Schirme einschaltet.

Setzt man empfindliches Brom- oder Chlorsilber-Papier unter Schirmen von farbigem Glase oder anderen Substanzen dem Lichte aus, so, dafs es nur von den durch diese Schirme gegangenen Strahlen einen Eindruck erfährt, so färbt sich das Silbersalz verschiedenartig, je nach der Natur des Schirms; und gleiche Papiere, unter verschiedene Schirme gebracht, gebrauchen sehr verschiedene Zeiten, um zu derselben Phase von Färbung zu gelangen. Diese Thatsachen sind von mehren Physikern beobachtet. Indem ich suchte die Zeiten zu messen, welche das Bromsilber gebraucht, um unter verschiedenen Umständen zu einer selben Färbungsphase zu gelangen, wurde ich darauf geführt, die vorhin erwähnten unterhaltenden chemischen Strahlen anzunehmen. Folgendes ist das Verfahren, welches ich anwandte.

Ich hatte bemerkt, dafs wenn man ein Blatt Bromsilber-Papier nimmt, auf die eine Hälfte das Licht wirken läfst, und nun daraus, senkrecht gegen die Gränzlinie beider Hälften, Streifen schneidet, alsdann auf diesen Streifen, wenn man sie dem Tages- oder Sonnenlicht aussetzt, die Gränzlinie einige Zeit hernach verschwindet, was anzeigt, dafs der nicht zuvor bestrahlte (*impressioné*) Theil sich schneller färbt als der andere; es gab also einen Moment, wo auf beiden Seiten eines und desselben Streifens die Färbung gleich war. Ich

hatte

hatte überdiefs bemerkt, dafs wenn die Streifen in Tages- oder Sonnenlicht gebracht waren, wie stark auch die Intensität des letzteren seyn mochte, die Färbung auf allen dieselbe war, sobald die Gränzlinie verschwand. Diese Thatsache erlaubte mit Leichtigkeit den Moment zu erkennen, wo, unter verschiedenen Schirmen, das Papier auf eine gleiche Färbungsphase gelangte, denn alsdann verschwand die Gränzlinie. So mit verschiedenen Schirmen experimentirend fand ich aber einige, die dergestalt auf die Sonnenstrahlen wirkten, dafs der schon bestrahlte Theil des empfindlichen Papierstreifens sich allein zu färben fortfuhr, während der andere, ursprünglich nicht bestrahlte, weifs blieb. Diefs sind die Resultate, welche mir zeigten, dafs das Licht Strahlen enthält, die erst nach angefangener Wirkung auf die Silbersalze wirken.

Ich versuchte demnach eine sehr grofse Anzahl farbiger Glasschirme, und so viel wie möglich mehre auf ein Mal bei verschiedenen Papieren, um die Wirkungen vergleichen zu können. Bei Anwendung eines rothen Glases, welches fast nur rothe Strahlen durchliefs, sah ich, nach halbstündigem Liegen in der Sonne, dafs der ursprünglich vom Licht veränderte Theil sich stärker färbte (was sich mittelst eines ähnlichen, im Dunkeln gebliebenen Papiers leicht erkennen liefs), während der andere vollständig weifs blieb.

Andere rothe, aber hellere Gläser bewirkten dieselbe Erscheinung, nur rascher.

Ein dunkelgrünes Glas gab dieselben Resultate, allein langsamer als das erste rothe Glas, während ein hellgrünes zugleich die erregenden chemischen Strahlen durchliefs, so dafs es schwer hielt, an ihm dieselbe Eigenschaft zu erkennen.

Hier haben wir also rothe und grüne Gläser, die nur die unterhaltenden Strahlen vollständig durchlassen, die erregenden aber zurückhalten, wenigstens bis zu ei-

ner gewissen Gränze; denn nach Verlauf zweier Tage erhielt ich auch eine schwache Färbung in den nicht zuvor bestrahlten (*impressionnées*) Theilen. Ein dunkel goldgelbes Glas liefs in grofser Fülle die unterhaltenden Strahlen durch, was man leicht an der Färbung derjenigen Seite des Papierblattes erkannte, die zuvor einen Lichteindruck erhalten hatte; allein bei fortgesetzter Wirkung fing auch die andere Seite an sich zu färben, was zeigte, dafs auch die übrigen Strahlen, nur in geringerer Menge, diesen Schirm durchdrangen. Ein weniger dunkelgelbes Glas gab ebenfalls diese Erscheinung, und die Färbung des nicht zuvor bestrahlten Theils von Papierstreifen geschah rascher als im vorhergehenden Fall.

Bei Einschaltung von weifsen, violetten und blauen Gläsern zwischen das Licht und Bromsilber-Papier kann man die beiden Klassen von Strahlen nicht unterscheiden; denn die beiden Hälften dieses, wie vorhin bereiteten Papiers färben sich wie durch Wirkung des Tages- oder Sonnenlichts, und haben bald einen gleichen Ton angenommen.

Die Wirkung der fortsetzenden Strahlen kann man auch durch folgenden Versuch sichtbar machen; er ist dem beim Sonnenspectrum angestellten analog. Man nehme empfindliches Bromsilber-Papier, das frisch in einem vollkommen dunklen Zimmer bereitet worden, lege auf dasselbe ein Papier mit Schrift oder Zeichnung, und setze es so einige Augenblicke der Wirkung des Lichtes aus, dergestalt, dafs das Papier gerade einen Eindruck empfängt, die Schrift oder Zeichnung aber noch nicht zum Vorschein kommt. Nun lege man das Papier unter ein dunkel goldgelbes oder ein so hellrothes Glas, dafs die Wirkung rascher vorschreitet. Wenn man es nun so dem Lichte aussetzt, sieht man nach und nach die Schrift oder die Zeichnung auf dem Papier erscheinen, was beweist, dafs die schon vorher bestrahlten Stellen des Papiers sich färben, die übrigen aber weifs bleiben.

Die Wirkung der Schirme zeigt also, wie die des Sonnenspectrums, dafs man im Sonnenlicht wenigstens zwei Klassen von chemischen Strahlen, die auf die Silbersalze wirken, unterscheiden kann.

Ich versuchte durch Einschaltung verschiedener flüssiger Schirme zwischen das Licht und einen Schirm von dunkelgelbem oder rothem Glase, welches einen Streifen empfindlichen Papiers bedeckte, ob diese Flüssigkeiten die unterhaltenden oder erregenden Strahlen auffangen könnten. Unter den versuchten fand ich aber keine, welche diese Eigenschaft besafs; nur sah ich, dafs, wenn ich zwischen einen Streifen empfindlichen Papiers (zur Hälfte schon bestrahlt, zur Hälfte nicht) und das Licht einen Schirm von einer dunkelgelben oder rothen Flüssigkeit, z. B. einer Lösung von saurem chromsauren Kali oder einer schwachen weingeistigen Lösung von Jod, einschaltete, dieselben Erscheinungen hervortraten, wie bei Anwendung gelb oder roth gefärbter Gläser.

Bei allen meinen Versuchen wandte ich Bromsilber-Papier an; diefs hat den Vorzug, empfindlicher zu seyn als das von Chlorsilber, obgleich letzteres dieselben Erscheinungen giebt. Nur nimmt das schon bestrahlte Chlorsilber-Papier, wenn man es der Wirkung rother Gläser aussetzt, eine röthliche Farbe an, die man bereits früher bemerkt hat. Da man aber einem schon bestrahlten Chlorsilber-Papier durch Erwärmung die nämliche Farbe zu geben vermag, so könnte diese Wirkung von den Wärmestrahlen herrühren.

Jodirte Silberplatten verhalten sich wie Chlor- und Bromsilber [1]).

1) Man kann sich der unterhaltenden Strahlen bedienen, und hat sich derselben neuerdings bedient, um eine auf den jodirten Platten der Camera obscura angefangene Zeichnung fortzusetzen. Wenn das Objectiv eine kurze Brennweite hat, braucht man die Platte nur einige Secunden im Brennpunkt zu lassen und sie darauf unter einem rothen Glase dem Sonnenschein auszusetzen, damit die Zeichnung sich fortsetzt. Man braucht zu dem Ende die Platte nur wie gewöhnlich

Chlorgold bringt diese Erscheinung nicht hervo
aber diefs kann es auch nicht, denn Seebeck hat g
sehen, dafs ein damit überzogenes Papier, in die dunk
Kammer gebracht, seine Farbe nicht verändert, das Go
nicht reducirt wird. Wenn man es aber, nach kurze
Liegen im Sonnenschein, ehe es durch die Wirkung d
chemischen Strahlen gefärbt worden, wieder in's Dunkl
bringt, erfolgt die Reduction des Goldes daselbst, un
das Papier geht durch alle Färbungsphasen, die es bei
Liegenbleiben im Sonnenschein angenommen haben würd
Man sieht also, dafs hier die Wirkung im Dunkeln fort
dauert, während bei den Silbersalzen im Dunkeln nicht
geschieht, und die Wirkung unter dem Einflufs der obe
erwähnten Strahlen anhält. Die Erscheinung ist also seh
verschieden von der früheren.

nach dem Daguerre'schen Verfahren und in tiefster Finsternifs zu jodiren. Es scheint als wenn die unterhaltenden Strahlen bei der neuen Bereitungsweise der Platten, wo man Chlorjod anwendet, nicht so gut zum Ziele führen; wenigstens bedarf es dann besonderer Vorsichtsmafsregeln. Nach der Wirkung des rothen Glases auf die jodirten Platten ist der Fortgang ein solcher, dafs auf die Länge die Zeichnung zum Vorschein kommt, ohne dafs man zum Quecksilber zu schreiten braucht. Die in dieser Abhandlung enthaltenen Thatsachen zeigen, welche Vorsichten zu nehmen sind, um gute Bilder in der Camera obscura zu erhalten. Da die im Dunkeln jodirte Platte nur empfänglich ist für die chemischen Strahlen, welche zwischen dem Grün und dem Violett und darüber hinaus liegen, so folgt, dafs wenn man die jodirte Platte, ehe man sie in die Camera obscura bringt, ein wenig bestrahlen läfst, aber ungemein wenig, sie dann für die unterhaltenden Strahlen empfänglich wird, und Gegenstände von rother, orangener und gelber Farbe sich auf die Platte abzeichnen können, weil die unterhaltenden Strahlen, welche die Lichtstrahlen begleiten, auf das Jodsilber einwirken.

Befolgt man die vorhin angezeigten Vorsichtsmafsregeln und bringt vor das Object ein schwach grün oder gelb gefärbtes Glas, so ist leicht einzusehen, dafs sich von einer Landschaft die grünen Blätter der Bäume viel deutlicher auf die Platte abmalen werden, vorausgesetzt nur, dafs diese hinlänglich lange dem Brennpunkt ausgesetzt bleibt.

Weder Guajakharz noch Chromsäure zeigen gleiche Erscheinungen wie die Silbersalze. Bis jetzt habe ich nur an diesen Salzen die Eigenschaft gefunden, von gewissen Strahlen eine Einwirkung zu erleiden, die nur darauf hingeht, eine bereits angefangene Wirkung fortzusetzen. Könnte man nicht durch eine analoge Eigenschaft die abweichenden Resultate der Experimentatoren erklären, welche die chemische Einwirkung des Sonnenlichts auf ein Gemenge von gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff studirten? Einerseits sagt Bérard, dafs die violetten Strahlen, oder wenigstens die chemischen Strahlen in ihrer Begleitung, die wirksamsten seyen, die Verbindung zu bewerkstelligen. Nach Davy sind es die rothen, und Hr. Suckow, in Jena, hat beide Strahlenarten wirksam gefunden. Sollten diese Widersprüche nicht etwa davon herrühren, dafs die beiden letzteren Physiker in einem nicht vollkommen dunklen Zimmer experimentirten, demnach schon vor dem Versuch ein Beginn der Vereinigung stattfand, und darauf durch die unterhaltenden Strahlen fortgesetzt wurde?

III. Von der chemischen Strahlung des elektrischen Lichts.

Das Phänomen der unter dem Einflufs gewisser Strahlen fortgesetzten Action hat mir zur Auffindung der chemischen Strahlung des elektrischen Funkens gedient.

Im vergangenen Jahre hatte ich mehrmals versucht, ob der elektrische Funke, ungeachtet seiner äufserst kurzen Dauer, auf Chlorsilber-Papier einwirken könne. In diesem Jahre gelang es mir zu sehen, dafs wirklich der elektrische Funke auf Chlorsilber einwirkt, und noch rascher auf Bromsilber. Der dazu angewandte Apparat bestand aus einem Pappkasten mit zwei Seitenöffnungen, in welchen Glasröhren safsen. Diese Röhren dienten zur Isolirung zweier Kupferstäbe, welche den elektrischen Funken mitten in den Kasten führten. Die beiden inneren Enden der Stäbe waren 5 Millim. aus einander,

und darunter lag ein empfindliches Papier, bedeckt mit einem Transparent (wahrscheinlich einer in Pappe ausgeschnittenen Figur. *P.*), damit, wenn das elektrische Licht auf das Papier wirke, das Bild des Transparents auf das Papier übertragen werde.

Die Stäbe waren höchstens 4 bis 5 Millim. über dem Bromsilber-Papier. Als man nun drei oder vier Entladungen einer Batterie von vier Flaschen überschlagen liefs und darauf das Papier betrachtete, sah man ein Abbild des Transparents. Zwei Entladungen der Batterie färbten das Papier ein wenig, während eine einzige nicht stark genug war, um darauf zu wirken. Als man hierauf dieses Papier unter einem rothen oder goldgelben Glase dem Sonnenlicht aussetzte, sah man ein Abbild des Transparents erscheinen, was beweist, dafs die unterhaltenden chemischen Strahlen, welche das Sonnenlicht begleiten, auch eine durch das elektrische Licht angefangene Wirkung fortsetzen. Mit Chlorsilber bedurfte es drei bis vier Entladungen, um einen Anfang von Färbung zu erhalten.

Der einfache elektrische Funken vermag auch eine Wirkung auf das empfindliche Papier auszuüben; allein es bedarf dazu einer sehr grofsen Zahl von ihnen.

Ich habe auch untersucht, welchen Einflufs die Dazwischensetzung von Schirmen zwischen das empfindliche Papier und den elektrischen Funken haben würde. Ich wandte zu dem Ende die weifsen, violetten, blauen, gelben und rothen Gläser an, deren ich mich schon beim Sonnenlicht bedient hatte. Mehre Stücke wurden aus einem Blatt Bromsilber-Papier geschnitten, darauf successiv auf den Boden eines Kastens gelegt, und zwar unter einem Transparent, das mit einem der farbigen Gläser bedeckt war. Alsdann wurde der Kasten bei jedem Versuch verschlossen, und nach einander zwei Entladungen einer bis zu 20° des Kugelelektrometers geladenen Batterie von vier Flaschen durchgeleitet. Als man nun

die verschiedenen Papiere mittelst eines Kerzenlichts in einem dunklen Zimmer untersuchte, sah man nur auf denen einen deutlichen Abdruck, welche direct vom elektrischen Licht getroffen waren; die übrigen waren weifs geblieben. Es fand aber immer eine anfangende Wirkung statt; denn wenn man sie, unter einem rothen Glase, dem Sonnenlicht aussetzte, sah man die meisten Papiere ein farbiges Bild vom Transparent darstellen. Nach einer zur Färbung der Theile, die einen anfangenden Eindruck erhalten hatten, hinlänglichen Zeit wurden die verschiedenen Papiere abermals untersucht. Diejenigen, welche unter den weifsen, violetten und blauen Gläsern gelegen hatten, waren sämmtlich gefärbt oder zeigten wenigstens ein Abbild des Transparents; während die unter den gelben und rothen Gläsern dem elektrischen Funken ausgesetzt gewesenen keine Färbung sehen liefsen.

Man sieht also, dafs die ersteren Schirme einen Theil der chemischen Strahlen des elektrischen Lichtes durchgelassen hatten; allein es bedurfte einer nachherigen Wirkung gewisser Strahlen, um auf dem empfindlichen Papiere eine Färbung zum Vorschein kommen zu lassen.

Ich habe mittelst der farbigen Gläser versucht, ob das elektrische Licht eben so wie das Sonnenlicht zwei Klassen von chemischen Strahlen enthalte, die einen blofs die von den andern begonnene Wirkung fortsetzend, bin aber zu keinem genügenden Resultat gelangt.

Aus vorstehenden Untersuchungen kann man folgende Schlüsse ziehen.

1) Die chemischen Strahlen, welche das Sonnenlicht begleiten und auf die Silbersalze wirken, umfassen wenigstens zweierlei Strahlen, zunächst die gewöhnlichen chemischen Strahlen, welche ich erregende chemische Strahlen genannt habe, und dann andere, die ich fortsetzende Strahlen nenne, und die nur eine von den ersten angefangene Wirkung fortsetzen.

2) Die fortsetzenden Strahlen liegen, was ihre Brech-

barkeit betrifft, in den oberen Theil des Sonnenspectrums, d. h. begleiten die rothen, orangefarbenen, gelben und grünen, vielleicht auch die wenigst brechbaren blauen Strahlen; allein in diesen letzteren fallen sie mit den erregenden Strahlen zusammen. In der That weiſs man, daſs diese letzteren gewöhnlich die brechbarsten Lichtstrahlen begleiten, und einige derselben, im Sonnenspectrum, selbst jenseits des Violettes liegen.

3) Unter den Schirmen giebt es einige, die bloſs die fortsetzenden Strahlen, andere, die beide Klassen durchlassen.

4) Die fortsetzenden Strahlen unterhalten auch eine chemische Action, die unter dem Einfluſs des das elektrische Licht begleitenden chemischen Agens angefangen ist, und sie können zur Erkennung und Zerlegung der chemischen Action dieses letzteren Agens dienen.

V. *Ueber den Lichtbogen zwischen den Polen der Säule.*

Mittelst einer Grove'schen Säule von 40 Plattenpaaren hat Hr. De la Rive beobachtet, daſs dieser Lichtbogen sich bildet, nicht bloſs wenn man Kohlenspitzen, sondern auch wenn Platinschwamm oder durch Wasserstoff reducirtes Kupfer, in Glasröhren eingestampft, als Pole anwendet. Es genügt sogar, den einen Pol, den *positiven*, aus einer dieser wenig cohäsiven Substanz zu nehmen; der negative kann von einem festen Metall, z. B. Platin, seyn, nur müssen beide Pole sich vorher berührt und erhitzt haben. Der Lichtbogen, der dann nach Auseinanderrückung der Pole sich zeigt, besteht aus einer (sogar sichtbaren) Fortführung glühender Theilchen. Holzkohle muſs vorher geglüht und in Wasser gelöscht werden; ein noch besseres Licht giebt Coak. (*Archiv. de l'éléctr. T. I p.* 262.)

VI. *Ueber elektrische Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle;*
von H. Schröder.

§. 1 Ich hatte im Laufe der verflossenen Jahre Gelegenheit mehrere Galvanometer unter meiner Aufsicht ausführen zu lassen, und dahin zu gelangen, denselben eine solche Einrichtung zu geben, dafs sie für sehr schwache hydroelektrische Ströme bei sehr grofsem Leitungswiderstande eine Empfindlichkeit gewähren, die, wie ich glaube, bis dahin noch nicht erreicht worden ist. Der Besitz eines solchen Instrumentes veranlafste mich eine Untersuchungsreihe über die, durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle entstehenden elektrischen Ströme anzustellen, deren erste Resultate ich im gegenwärtigen Aufsatze mittheilen will. Ich glaube jedoch über den Galvanometer, dessen ich mich bediente, einige Worte vorausschicken zu müssen.

§. 2. Ich kann mich kürzer fassen, wenn ich zum Voraus bemerke, dafs ich die von Fechner in Band XXXXV dieser Annalen angegebenen Vortheile langer Multiplicatoren in jeder Hinsicht vollkommen bestätigt gefunden habe, und verweise daher auf jenen belehrenden Aufsatz von Fechner. Ich fand es vortheilhaft, den Draht so dünn zu nehmen, dafs er eben noch Festigkeit genug hat, um bei dem Aufwinden gehörig angespannt werden zu können. Bei dem Galvanometer, dessen ich mich gewöhnlich bediente, wiegen 5 Fufs des angewendeten Kupferdrahts im unübersponnenen Zustande im Mittel aus mehreren Wägungen 0,52 Grm. Der Draht ist auf einen parallelepipedischen Rahmen von Holz aufgewunden, dessen Länge 3 Zoll 7 Linien, dessen Breite

1 Zoll 4,5 Linien Pariser Maafs beträgt. Zwei prismatische hölzerne Stäbchen von 1,5 Par. Lin. Breite halten die Windungen in der Mitte des Rahmens auseinander, um die untere Nadel des astatischen Systems durchzulassen. Nach Abrechnung des mittleren Zwischenraums von 1,5 Linien zwischen den Windungen, bleibt für die Breite der Windungen selbst 1 Zoll 3 Lin. Auf diese Breite gehen 104 Windungen des übersponnenen Drahtes; ich konnte bei den genannten Dimensionen die Anzahl der Windungen noch bis 4500 mit Vortheil vermehren, so dafs der Draht in 44 Lagen aufgewunden ist. Jede einzelne Lage wurde stark mit Schellack gefirnifst, und getrocknet, ehe eine neue aufgewunden wurde, so dafs das Ganze gleichsam einen festen Körper darstellt. Die Prüfung, ob eine Vermehrung der Windungen noch merklich vortheilhaft war, nahm ich mit einem Platindrahte und Kupferdrahte in destillirtem Wasser vor.

§. 3. Die Länge der Doppelnadeln beträgt 2 Zoll 7 Lin., so dafs sie, senkrecht auf die Windungen gestellt, mit ihren Polen über dieselben hinausragen. Daher ist das Instrument zur Messung von Oscillationen, nach Fechner's Methode, nicht geeignet, wenn nicht kürzere Nadeln genommen werden. Die Messung von Oscillationen ist übrigens bei den durch ungleichzeitiges Eintauchen entstehenden Strömen ohnehin nicht anwendbar, weil dieselben von zu kurzer Dauer sind. Ich habe jedoch seitdem zur Messung von Oscillationen ein übrigens ganz ähnliches Instrument construirt, bei welchem der Rahmen die doppelte Breite hat, und die Anzahl der Windungen bis auf 10000 steigt.

§. 4. Ein Umstand hat mich bei der Construction des ersten Instrumentes dieser Art nicht wenig aufgehalten. Ungeachtet ich mich nämlich durch mehrfache Prüfung überzeugt hatte, dafs alle Theile des Instrumentes und seines Stativs eisenfrei seyen, konnte ich doch die Nadel nie zur Einstellung bringen. Stand die Nadel rechts vom Nullpunkt, und ich schob diesen durch sanfte

Drehung des Rahmens nach, so wich die Nadel mit allmäliger Beschleunigung bis auf 10° bis 15° links aus, und umgekehrt, schob ich nun den Nullpunkt wieder zurück, so wich sie allmälig eben so weit rechts aus, und konnte überhaupt im Stande der Ruhe nur in einer vom Parallelismus um 5° bis 8° abweichenden Lage erhalten werden. Eine anziehende Kraft der Drahtwindungen auf die Nadel war nicht zu verkennen; sie zeigte sich bei allen Kupfersorten, die ich anwenden konnte. Gleichzeitig gab eine chemische Untersuchung des Kupferdrahts auf Eisen keine, oder doch nur eine zweideutige Spur davon zu erkennen, dafs ich unmöglich einen Eisengehalt für die Ursache dieser Anziehung halten konnte [1]). Ich bin vielmehr zu dem Schlusse genöthigt, *dafs das Kupfer selbst schwach magnetisch ist.* Ich kann mir nicht anders erklären, weshalb die erwähnte, bei der Construction empfindlicher Galvanometer ganz unvermeidliche Schwierigkeit nicht von allen denen bemerkt wurde, die sich damit beschäftigt haben, als indem ich annehme, dafs man bis dahin in der Regel auf Kosten der Empfindlichkeit den mittleren Zwischenpunkt zwischen den beiderseitigen Windungen viel weiter, und so weit zugelassen hat, dafs die anziehende Kraft des Drahtes nicht mehr hinreicht, die etwas entfernte Nadel in Bewegung zu setzen. Diefs ist in der That der Fall bei allen Galvanometern, die mir bisher zu Gesicht gekommen sind. Auch macht ein so enger Zwischenraum, als ich ihn gewählt habe, allerdings nöthig, dafs durch Correctionsschrauben dem Rahmen und dem Aufhängepunkt der Nadeln zwei auf einander senkrechte Bewegungen gegeben werden können, damit man sowohl den Aufhängepunkt der Nadeln als den Mittelpunkt des Rahmens genau in die verticale Drehungsaxe der Basis, darauf der Rahmen steht, bringen könne; indem durch eine ungenaue Aufstellung, wegen des allzu leichten seitlichen Anliegens des Verbindungs-

1) Ganz dieselbe Erfahrung ist hier vor längerer Zeit von Hrn. Dr. Riefs *gemacht.*

drahtes beider Nadeln an die Windungen, das Instrument alle Brauchbarkeit verlieren würde. Obgleich seither Lenz (Bd. XXXXVII S. 585 dies. Annal.) auf diesen, von dem Magnetismus des Kupferdrahtes herrührenden, störenden Umstand aufmerksam gemacht hat, so habe ich es doch nicht für überflüssig gehalten, meine eigene Erfahrung in dieser Beziehung mitzutheilen, um so mehr als Lenz sich des Silberdrahtes bedient, um diesem Hindernifs auszuweichen, wodurch die Instrumente natürlich sehr vertheuert werden; während ich gefunden habe, dafs sich diese Anziehung des Kupferdrahts durch eine leichte *Compensation* unschädlich machen läfst. Ich erreiche diese Compensation durch ein Paar, etwa $1\frac{1}{2}$ Lin. lange, dünne Eisencylinder, die ich in die, die Windungen auseinanderhaltenden, mittleren Stäbe des Rahmens horizontal einfüge, und so lange verkleinere oder verschiebe, bis sie eben ausreichen, die Nadel in der den Windungen parallelen Stellung festzuhalten; ich befestige sie dann durch etwas Wachs.

§. 5. Bei Anwendung einer solchen Compensation läfst sich diesen Instrumenten eine wirklich erstaunenswerthe Empfindlichkeit geben. Um nur ein Paar Proben beizubringen, will ich erwähnen, dafs das oben näher beschriebene Instrument, ungeachtet der Länge und des kleinen Querschnitts des Drahts, selbst für *thermoelektrische* Ströme noch *empfindlich* zu nennen ist. In gewöhnlicher Zimmerwärme erhalte ich an demselben durch ein einfaches Wismuth-Antimon-Element einen Ausschlag von 22° uud eine stehende Ablenkung von 15°, wenn ich die Löthstelle nur mit dem Finger erwärme. Zwei dünne Drähte eines und desselben Metalls sind, selbst bei der sorgfältigsten Reinigung mit Smirgelpapier, nur selten so homogen zu erhalten, dafs sie, *in destillirtes Wasser gleichzeitig* eingetaucht, *einen* Strom geben. Es gelingt mir diefs überhaupt in der Regel nur bei Platin, Gold, Silber und Kupfer, und

selbst bei diesen weicht die Nadel doch häufig anfangs um $\frac{1}{4}°$ bis $\frac{1}{2}°$ aus; stellt sich aber dann bald völlig ein. Zwei Poldrähte von gleichem Metalle darf ich selbst mit scheinbar ganz *trocknen* Fingern nicht zugleich anfassen, ohne einen schwachen Strom zu erhalten. Ich mufste daher bei allen später zu beschreibenden Versuchen, wenigstens Einen der Poldrähte durch Kork stecken und beim Kork anfassen.

Ich glaubte, die nähere Beschreibung des Instrumentes deshalb nicht unterlassen zu dürfen, weil man vielleicht mehrfach vergeblich versuchen würde, die nachfolgend zu beschreibenden Beobachtungen zu wiederholen und zu controliren, falls man sich eines weniger empfindlichen Galvanometers bedienen sollte.

§. 6. Da die Beobachtungen, welche bis dahin über die Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle bekannt geworden waren, gar keinen Zusammenhang erkennen liefsen, und sogar die von den ausgezeichnetsten Experimentatoren angegebenen Thatsachen theilweise in directem Widerspruche unter einander zu stehen scheinen, so war ich im Voraus überzeugt, dafs die Ursachen dieser Ströme zusammengesetzt und theilweise von nicht berücksichtigten Umständen seyn müfsten. Um daher nicht selbst sogleich in ein Labyrinth zu gerathen, nahm ich mir vor, den einfachsten Fall auszuwählen, und vorerst nur diejenigen Ströme zu untersuchen, welche durch ungleichzeitiges Eintauchen der Metalle *in destillirtes Wasser* entstehen.

§. 7. Die Methode der zunächst zu beschreibenden Versuche war im Allgemeinen folgende: Ich füllte ein cylindrisches Glasgefäfs mit destillirtem Wasser, und verschaffte mir zwei Drähte, vom nämlichen Metalle und vom gleichen Stück abgeschnitten, deren Eines Ende ich mit den beweglichen Quecksilbergefäfsen des Galvanometers, durch dünnen, biegsamen Kupferdraht in Verbindung brachte; das andere Ende, welches in destillirtes Was-

ser eingetaucht wurde, reinigte ich vor jedem Versuche sorgfältig und mehrfach mit trocknem Smirgelpapier, um jedesmal eine neugeschliffene metallische Oberfläche zu erhalten. Jede andere Reinigungsmethode, bei welcher die Oberfläche der Drähte nicht ganz neu gefeilt oder geschliffen wird, und zugleich trocken bleibt, hat sich als völlig ungenügend erwiesen. Die Drähte, die in der Regel $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ Linie dick waren, tauchten ungefähr einen Zoll tief ein, und standen in der Flüssigkeit $\frac{1}{2}$ Zoll bis einen Zoll weit auseinander. Ich nahm nur diejenigen Versuche als gültig oder gelungen an, bei welchen kurze Zeit nach dem Eintauchen des zweiten Drahtes die Nadel zur Einstellung in die Ruhelage kam; weil ein bleibender Strom in der Regel anzeigt, dafs die Drähte nicht völlig homogen waren. Wo diefs aus besonderen Ursachen nicht zu erreichen war, werde ich es übrigens bemerken. Jeder Versuch wurde so oft wiederholt, dafs über das Constante der Erscheinung kein Zweifel übrig bleiben konnte, und zufällige Störungen jedenfalls als solche erkannt wurden. Die angegebenen Grade können natürlich nicht als Maafs des Stromes betrachtet werden, sondern nur über das Mehr oder Weniger der relativen Kraft, mit der die Nadel abgelenkt wurde, Aufschlufs gaben. Ungeachtet der gröfsten Sorgfalt war es mir doch nur selten möglich, bei Wiederholungen desselben Versuches völlig genau gleich starke Ströme zu erhalten; ein Umstand, der jedoch bei der erwähnten Empfindlichkeit des Instrumentes dem Werthe der Versuche keinen Eintrag thun kann.

§. 8. Der Kürze des Ausdrucks wegen werde ich fortan den früher eingetauchten Draht mit Draht *a*, den später eingetauchten mit Draht *b* bezeichnen. Wenn ich sage, Draht *a* verhält sich *negativ*, so heifst diefs: die Nadel wird so abgelenkt wie wenn an der Stelle von Draht *a* ein *Kupferdraht* an der Stelle von Draht *b* sich ein *Zinkdraht* befände, und umgekehrt.

Das destillirte Wasser wurde auf seine Reinheit dadurch geprüft, dafs es 1) auf Reagenzpapier ohne Wirkung war; 2) durch kleesaures Ammoniak, so wie durch salpetersaures Silberoxyd nicht getrübt wurde; 3) blank geschabtes metallisches Blei unter Bildung eines Wölkchens von Bleioxydhydrat auflöste; 4) in einer Menge von einigen Grammen in einem Platintiegel verdunstet, keinen Rückstand hinterliefs.

Versuche durch ungleichzeitiges Eintauchen in destillirtes Wasser.

§. 9. *Erster Versuch. Homogene Platindrähte.* Platindraht *a* ist in destillirtes Wasser von der Temperatur der Zimmerwärme eingetaucht. Platindraht *b*, durch einen dünnen Kupferdraht bleibend mit dem Galvanometer verbunden, wird frisch durch Smirgelpapier gereinigt, und dann ebenfalls eingesenkt; der Abstand beider Drähte im Wasser ist $\frac{1}{2}$ Zoll: so ist Draht *a negativ*, und es entsteht ein Strom von 21°, d. h. die Nadel weicht bis auf 21° aus. Die Stärke des Stromes hängt hauptsächlich von der Behendigkeit ab, mit welcher das Einsenken des zweiten Drahtes ausgeführt wird. Nur wenn man hiebei stets genau den gleichen Tact befolgt, erhält man bei wiederholten Versuchen *gleich starke* Ströme; die *Richtung* des Stroms bleibt bei jeder Geschwindigkeit des Einsenkens dieselbe. Nach verschiedenen Versuchen, das Einsenken durch mechanische Vorrichtungen zu besorgen, kam ich doch immer wieder darauf zurück, es mit freier Hand zu thun. Nach einiger Uebung konnte ich dabei bei weitem die beste Uebereinstimmung erhalten. — Bei dem erwähnten Versuche stellt sich die Nadel vollkommen ein, sobald ihre Schwingungen beendigt sind. Das Resultat des Versuchs bleibt dasselbe bei allen Temperaturen des Wassers von 0° bis 100°, nur ist der Strom bei höherer Temperatur des Wassers ohne Vergleich stärker. — Ich liefs Draht *a*

gegen 24 Stunden mit dem Wasser in Berührung; wurde dann Draht *b* wie vorher frisch gesmirgelt und eingesenkt, so war der Strom gleich grofs, als wenn Draht *a* nur einige Secunden vorher eingetaucht wurde, vorausgesetzt, dafs das Wasser dieselbe Temperatur und Sättigung mit Luft hatte, wie beim vorigen Versuch. — Wenn der Versuch vollkommen gelingt, so dafs sich die Nadel unmittelbar nachher einstellt, so ist stets auch die *Benetzung* der Drähte durch das Wasser vollkommen. Ein kleiner Tropfen Wasser breitet sich auf dem benetzten Theile beim Umkehren des ausgehobenen Drahts in der dünnsten Schicht vollkommen gleichförmig aus. Ist diefs nicht der Fall, so kommt die Nadel erst nach längerer Zeit zur Einstellung. — Der bei diesem Versuche entstehende Strom kann nicht verursacht seyn von einer chemischen Action des destillirten Wassers auf das Platin, weil eine solche bekanntlich nicht stattfindet; auch hat man überhaupt keinen Grund, an eine solche als die Ursache des Stroms zu denken; nachdem durch Fechner, Lenz und durch Poggendorff's Beobachtungen die Volta'sche Contacttheorie und das Ohm'sche Gesetz vollkommen erwiesen sind. Obwohl die folgenden Versuche als eben so viele Beweise gegen die chemische Theorie würden gelten können, so werde ich dieselben doch in diesem Sinn nicht mehr discutiren, da ich es für die Wissenschaft für überflüssig halte. — Der in Versuch (1) entstehende Strom kann auch nicht herrühren von der Berührung des Metalls mit der Flüssigkeit, was z. B. Pfaff anzunehmen geneigt seyn würde; weil hier zwei vollkommen homogene Metalle mit der nämlichen Flüssigkeit unter ganz identischen Umständen in Berührung kommen.

Dieser Strom kann jedoch auch nicht abhängen von dem Act der Benetzung, was, nach Becquerel, auf einen von der Capillaritätswirkung herrührenden Strom hinauskommen würde. Ich habe vielleicht ein andermal Ge-

le-

legenheit zu zeigen, dafs ein solcher Strom gar nicht existirt; hier will ich als Grund gegen diese Annahme nur anführen, dafs die Ursache des Stroms auch *nach* der Benetzung *bleibend* ist, und *fortwirkt*, wie sich aus nachfolgenden Versuchen von selbst ergeben wird. Der Strom rührt vielmehr in diesem Falle nur von dem *Zustande* der Oberfläche des Platins her, welcher mit der Benetzung zugleich entstanden ist.

Der Versuch lehrt uns, *dafs mit der Benetzung der Oberfläche des Platins zugleich eine solche Veränderung dieser Oberfläche entsteht, dafs das Platin seine Stellung in der galvanischen Spannungsreihe ändert.* Da der früher eingetauchte Draht *negativ* gegen den später eingetauchten ist, so könnte man folgern, dafs das Platin durch das destillirte Wasser eine *negativ* veränderte Oberfläche erhält. Das Urtheil ist in *diesem* Falle richtig, obgleich es in sehr vielen Fällen falsch seyn würde. Schon Fechner hat nämlich darauf aufmerksam gemacht, dafs das früher eingetauchte Metall gegen das später eingetauchte *negativ* seyn, und dennoch von der Flüssigkeit *positiv* verändert seyn kann, weil die positive Veränderung im ersten Augenblicke stärker ist, als nach einigen Momenten der andauernden Wirkung der Flüssigkeit auf das Metall. Ich werde zeigen, dafs diese Fälle nur dann eintreten, wenn eine Flüssigkeit eine *chemische* Wirkung auf ein Metall hat, und dafs sie dann sogar in der Regel eintreten. In Betreff des vorliegenden Versuches werde ich beweisen, dafs das Platin *wirklich* durch destillirtes Wasser *negativ* verändert wird. — Damit alle Umstände dieser Versuchsweise genau beurtheilt werden können, mufs ich jedoch einen anderen Versuch vorausschicken, welcher uns beweist, dafs mit der Benetzung des Platins durch destillirtes Wasser ein beträchtlicher Uebergangswiderstand erzeugt wird.

§. 10. *Zweiter Versuch.* Die Vorrichtungen in der Hauptsache wie in Versuch (I).

1. *Fall.* Beide Platindrähte werden einen Zoll tief eingesenkt; Draht *b*, frisch gereinigt, später, so ist *b* positiv gegen *a*, ganz wie in Versuch (I). Die Nadel giebt folgende erste Schwingungen hin und her für *b* in drei wiederholten Versuchen: +16°,8 — 7°,2; +16°,5 — 6°,9; +16° — 6°,5.

2. *Fall.* Draht *a* ist nur 4 Linien tief eingesenkt; Draht *b* wird später, frisch gereinigt, einen Zoll tief eingesenkt, der Abstand beider Drähte ist derselbe wie vorher: Draht *b* ist positiv, und die Nadel giebt in drei Versuchen folgende erste Schwingungen: +6°,7 — 3°,4; +6°,9 — 3°,9; +6°,4 — 3°,7.

3. *Fall.* Draht *a* ist nur 4 Linien tief eingesenkt; nun auch Draht *b* frisch gereinigt nur 4 Linien tief eingesenkt; *b* ist positiv; die Nadel giebt folgende Schwingungen in drei Versuchen: +5°,6 — 3°; +5°,5 — 3°,1; +5°,5 — 3°.

4. *Fall.* Nun ist *a* einen Zoll tief eingesenkt; *b*, frisch gereinigt, wird nur 4 Linien tief eingesenkt; *b* ist positiv; Schwingungen der Nadel in drei Versuchen: +10°,9 — 5°; +10°,9 — 5°; +10°,7 — 4°,9.

5. *Fall.* Zur Controle, ob alle Umstände unverändert geblieben seyen, ist jetzt wieder *a* einen Zoll tief eingesenkt; der Stom mufs derselbe seyn, wie im ersten Falle; *b* ist positiv; Schwingung der Nadel: +16°,9 — 7°,5; also genau der frühere Strom. Es versteht sich, dafs jedesmal die Ruhe der Nadel wieder abgewartet wurde, um von der Homogenität der Drähte durch unmittelbare Einstellung der Nadel überzeugt zu seyn, und dafs Draht *a*, wenn er zum Theil ausgehoben oder tiefer eingesenkt werden sollte, jedesmal vorher ebenfalls frisch gereinigt wurde.

Diese Versuche, die ich öfter mit dem gleichen Resultate wiederholt habe, enthalten einen ganz directen und zugleich den einfachsten Beweis von dem Daseyn des Uebergangswiderstandes, der bisher geliefert worden

ist. Wenn im zweiten Falle der früher eingetauchte Draht statt einen Zoll tief, nur 4 Linien tief eingesenkt ist, so ist die Schwächung des Stroms von 16° auf 6°. Wird hingegen im 4. Falle der *später* eingetauchte Draht, statt einen Zoll tief, nur 4 Linien tief eingetaucht, so findet nur eine Schwächung des Stroms von 16° auf beinahe 11° statt. Werden endlich im dritten Fall *beide* Drähte nur 4 Linien tief eingetaucht, so ist der Strom nur um Einen Grad schwächer, als wenn blofs Draht *a* auf 4 Linien Tiefe, Draht *b* aber einen Zoll tief eingesenkt wird. Diese Thatsachen zeigen, dafs der Widerstand des Uebergangs erst dann bedeutend wird, wenn die Wirkung des destillirten Wassers auf das Platin bereits ihr Maximum erreicht hat. Da die Benetzung höchst rasch eintritt, und, mit ihr, die elektromotorische Veränderung der Platinoberfläche, so kann man den später eingetauchten Draht schon nicht für völlig unverändert halten, während der ganzen Zeit, während welcher die Nadel Impulse erhält, deren Summe die Gröfse ihrer Ausweichung hervorrufen, und deshalb ist es sehr erlaubt, anzuerkennen, ja es ist höchst wahrscheinlich, dafs ein Widerstand des Uebergangs, obgleich ein solcher am später eingetauchten Draht noch merkbar werden kann, dennoch zwischen dem *unveränderten* Drahte und der Flüssigkeit gar nicht eintreten würde; dafs vielmehr der Uebergangswiderstand nur allein mit der Veränderung eintritt, welche das Metall in der Flüssigkeit erleidet. Der Widerstand des Uebergangs ist viel bedeutender als der einer beträchtlich langen, schlecht leitenden Flüssigkeitsschicht, und es ist daher nichts natürlicher, als anzuerkennen, *dafs das Platin im reinen destillirten Wasser einen Ueberzug erhält, der wie ein schlecht leitender Firnifs wirkt, und zugleich in der galvanischen Spannungsreihe beträchtlich negativer ist als das Platin selbst; dieser Ueberzug ist in wenig Augenblicken vollkommen hergestellt, dringt nur auf unbestimmt kleine Tiefe, die*

wir Molecular-Tiefe nennen wollen, ein, und schützt das Metall vor der weiteren Einwirkung der Flüssigkeit. Die Erzeugung desselben ist eine unmittelbare Folge der Benetzung.

Wer die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze anerkennt, wird keine Schwierigkeit haben, aus den mitgetheilten Messungen die angeführten Folgerungen selbst zu ziehen; es ist aber nicht meine Absicht, das Ohm'sche Gesetz erst zu rechtfertigen, weil ich dasselbe, wie schon bemerkt, für hinreichend erwiesen halte. Zu welchen Hypothesen die chemische Theorie ihre Zuflucht nehmen mufste, um den Erfolg der angeführten Beobachtungen zu erklären, ist mir unbekannt.

§. 11. *Dritter Versuch.* Ich will nun die Versuche anführen, welche den Beweis enthalten, dafs das Platin im Wasser wirklich *negativ* verändert wird. Fechner hat das Verdienst, die Methode dieser Versuchsart angegeben zu haben. Zu diesem Ende nehme ich zwei cylindrische Glasgefäfse *A* und *B* mit destillirtem Wasser gefüllt, welche durch einen Platindrahtbogen verbunden sind, dessen beide Enden, um einen grofsen Leitungswiderstand zu erzeugen, nur 4 Linien tief eintauchen. In Gefäfs *A* wird ein Platin-Poldraht, in Gefäfs *B* ein Eisen-Poldraht eingesenkt. Werden beide Poldrähte zugleich eingesenkt, so wird die unveränderte Platinfläche verglichen mit der unveränderten, streng genommen im ersten Moment der Veränderung begriffenen Eisenfläche; wird aber der Platin-Poldraht zuerst eingesenkt, so wird nun die *veränderte* Platinfläche verglichen, wiederum mit der unveränderten Eisenfläche. Ist der Strom am zweiten Falle gröfser, als im ersten, so ist dadurch völlig erwiesen, dafs das veränderte Platin elektronegativer ist, als das unveränderte; um so mehr, wenn, wie zu erweisen ist, der Leitungswiderstand im zweiten Fall ebenfalls gröfser ist.

1. *Fall.* Der Platin-Poldraht ein und einen halben

Zoll tief eingesenkt; wird nun auch der Eisen-Poldraht eben so tief eingesenkt, so ist Eisen positiv, und die Nadel weicht in zwei wiederholten Versuchen aus um +18°,1 und +18°,2.

2. *Fall.* Nun wird der Platin-Poldraht nur halb so tief eingetaucht; der Eisen-Poldraht später, und wieder $1\frac{1}{2}$ Zoll tief. Der Strom ist jetzt für Eisen +14°,6. — Der Widerstand des Uebergangs am Platin-Poldraht hat daher noch einigen Einflufs, aber einen verhältnifsmäfsig doch nur geringen.

3. *Fall.* Werden nun beide Poldrähte zugleich eingesenkt, so ist der Strom für Eisen in drei Versuchen: +11°,9; +11°,8 und +11°,7, also statt 18° im ersten nur 12° im dritten Fall; obgleich der Leitungswiderstand, wie aus Versuch (II) hervorgeht, im dritten Fall beträchtlich geringer ist. — Hierdurch ist also erwiesen, dafs Platin im destillirten Wasser beträchtlich *negativ* verändert wird. Um mich von der Gleichheit aller Umstände zu überzeugen, mufste ich nun die Poldrähte verwechseln; den Eisen-Poldraht in Gefäfs *A*, den Platin-Poldraht in Gefäfs *B* eintauchen, und dieselbe Versuchsreihe wiederholen. Die Resultate waren in der *Art* der Stromdifferenzen vollkommen dieselben; ich konnte aber nie erreichen, bei Wiederholung dieses Versuchs auch nur genähert die gleichen Stromgröfsen zu erhalten. Ich fand endlich nach langer vergeblicher Bemühung den *Grund* dieser Unregelmäfsigkeit, der mich zugleich überzeugte, dafs sie bei Anwendung von Eisen nicht zu vermeiden ist. Der Eisendraht mufs nämlich vor jedem wiederholten Einsenken mit einem Tuch getrocknet und dann mit Smirgelpapier frisch gefeilt werden; es ist aber nicht erlaubt, ihn *nach* dem Feilen wieder mit Papier, Tuch oder sonst etwas abzuwischen, weil dadurch seine Oberfläche unfehlbar verändert wird; man kann diefs an der Unregelmäfsigkeit der Ströme, die man erhält, falls man es thut, und noch leichter daran bemerken, dafs die *Be-*

netzung nicht mehr vollkommen stattfindet. Der an dem ausgehobenen Drahte hängen bleibende Wassertropfen breitet sich *nicht* auf dem eingetauchten Theile gleichförmig aus; eine Bemerkung von grofsem Interesse, die schon Degen vor mehreren Jahren gemacht hat. Es mufs also der mit trocknem Smirgelpapier abgeriebene Draht unmittelbar eingetaucht werden, und dabei ist nicht zu vermeiden, dafs sich beim Eintauchen einige Pünktchen feinen Eisenstaubes, die an der Oberfläche hängen, ablösen; diese schwimmen anfangs auf dem Wasser, und werden nach und nach als Oxydhydrat von demselben aufgelöst. Man operirt nach wenigen Minuten nicht mehr mit vollkommen reinem destillirten Wasser im Gefäfse, in welches der Eisendraht eingetaucht wird. Da dieses eisenhaltige Wasser besser leitet als das reine, so wäre diefs nur ein Grund mehr, dafs der Strom im dritten Falle gröfser ausfallen mufste, als im ersten; auch ist ein Wachsen des Stroms bei Wiederholung der gleichen Versuche sehr deutlich bemerkbar. Dennoch fällt der Strom im dritten Fall viel kleiner aus; es sind daher die aus den angeführten Versuchen gezogenen Schlüsse nur um so mehr gerechtfertigt.

§. 12. *Vierter Versuch.* Unmittelbar nach den vorher angegebenen Versuchen und ohne Zeitverlust machte ich noch folgenden Versuch mit den nämlichen Drähten und Gefäfsen.

1. *Fall.* Der Eisen-Poldraht wird zuerst eingetaucht, der Platin-Poldraht nachher. Nun ist der Strom für Eisen in drei wiederholten Versuchen: $+10°,3$; $+10°,5$ und $+10°,4$.

Im 3. Fall wurde *unverändertes* Eisen mit unverändertem Platin, im 4. Fall *verändertes* Eisen unter ganz gleichen Umständen wiederum mit unverändertem Platin verglichen. Da nun der Strom im 3. Fall $11°,8$, im 4. aber nur $10°,4$ ist, so sehen wir, dafs das benetzte Eisen *negativer* ist, als das unbenetzte; oder dafs auch das

Eisen im destillirten Wasser negativ wird. Zwar liefse sich bei diesem Schlusse einwenden, dafs auch der Uebergangswiderstand am Eisen im 4. Fall vergröfsert worden sey; ich habe mich jedoch durch ungleich tiefes Eintauchen des Eisendrahtes überzeugt, dafs dieser Uebergangswiderstand jedenfalls gegen den der beiden Platindrähte verschwindend war. — Die gleichen Versuche habe ich mit demselben Resultate, nur mit constanterem Erfolge bei Wiederholungen, auch mit Platin und Kupfer angestellt. *Auch Kupfer wird im Wasser negativ verändert.*

§. 13. *Fünfter Versuch.* Ich will noch einen entsprechenden, mit Kupfer und Eisen angestellten Versuch anführen. Zwei Glasgefäfse, *A* und *B*, mit destillirtem Wasser durch einen Platindrahtbogen verbunden, dessen Enden ½ Zoll tief eintauchen. In *A* ein Kupfer-Poldraht, in *B* ein Eisen-Poldraht.

1. *Fall.* Wird Kupfer zuerst 1½ Zoll tief eingesenkt, dann Eisen, so ist der Strom für Eisen im Mittel aus drei Versuchen +13°,1.

2. *Fall.* Wird Kupfer zuerst, aber nur halb so tief eingetaucht, dann Eisen, so ist der Strom für Eisen im Mittel aus drei Versuchen +10°,5; der Uebergangswiderstand am Kupfer ist also noch merklich.

3. *Fall.* Kupfer und Eisen werden gleichzeitig eingetaucht; der Strom ist für Eisen im Mittel aus drei übereinstimmenden Versuchen +9°,9. — Also wird Kupfer im Wasser negativ verändert.

4. *Fall.* Eisen ist zuerst eingetaucht, dann Kupfer. Der Strom ist für Eisen im Mittel aus drei Versuchen +7°,9. Es macht keinen merklichen Unterschied, wenn Eisen weniger tief eingetaucht ist; der Uebergangswiderstand am Eisen ist daher nicht beträchtlich, also wird auch Eisen im Wasser negativ verändert.

§. 14. Diese und ähnliche Versuche, in denen abwechselnd der früher eingetauchte Draht von den beiden Poldrähten, oder auch einer der Verbindungsdrähte

der beiden Gefäfse *A* und *B*, die aus verschiedenen Metallen genommen werden können, mehr oder weniger tief eingetaucht wird, während die stromerzeugende Ursache dieselbe bleibt, zeigen zugleich direct, dafs der Uebergangswiderstand am Platindrahte bei weitem am beträchtlichsten, am Kupferdraht noch beträchtlich, aber viel geringer, am Eisendraht gegen die vorigen sehr gering ist. Da diefs jedoch eine bereits bekannte, noch neuerlichst durch Poggendorff's schätzenswerthe Abhandlung festgestellte Thatsache ist, wenn sich dessen Versuche auch nicht auf destillirtes Wasser bezogen haben, so verweile ich nicht länger dabei. Die angegebene Methode, sich von dem Daseyn und der relativen Gröfse des Uebergangswiderstandes an verschiedenen Metallen zu überzeugen, scheint mir jedoch die einfachste und directeste von allen; sie ist natürlich auch für manche andere Flüssigkeiten, die keinen heftigen chemischen Angriff auf die betreffenden Metalle ausüben, mit demselben Erfolge anwendbar.

§. 15. Den Versuch I §. 9, um jeden Zweifel über die richtige Auffassung desselben zu entfernen, habe ich auf die mannigfaltigste Art, ich darf wohl sagen tausendfach, angestellt. Ich habe mich überzeugt, dafs derselbe für Platin den gleichen Erfolg giebt, ob Draht *a* heifser oder kälter als Draht *b* war, ob Draht *b* an der Weingeistflamme ausgeglüht oder längere Zeit an der reinen Luft gelegen war, stets war Draht *b* positiv, und nur die Stärke des Stroms war nicht constant. Ich habe mich überzeugt, dafs Draht *b*, in sehr verschiedene Gasarten eingetaucht und dann plötzlich eingesenkt, stets in gleichem Grade positiv gegen *a* war; wodurch ich den Beweis erhielt, dafs der Erfolg nicht von der vorhergehenden Berührung der *atmosphärischen Luft* mit dem Platin abhängig sey, sondern dafs er in der That der Wirkung *des Wassers* auf das Platin zugeschrieben werden müsse. Wenn Draht *b* in Chlor, Wasserstoff

oder salpetrigsaures Gas eingetaucht wurde, war der Erfolg jedoch verändert, weil diese Gase auf das Platin wirken, worauf ich bei anderer Gelegenheit zurückkommen werde.

§. 16. Läfst man einen genetzten Platindraht an der Luft trocken werden, oder trocknet man ihn mit Papier, Leinen oder Tuch, so verhält er sich wie ein gereinigter Draht, der längere Zeit an der Luft gelegen hat, d. h. er stimmt mehr oder weniger überein mit einem frisch gereinigten, ohne sich jedoch mit einem solchen ganz homogen zu zeigen. Ich habe hiebei jedoch nur zufällige, nicht constante Differenzen wahrnehmen können. Hieraus mufs ich schliefsen, dafs die Veränderung, welche die Oberfläche des Platins im destillirten Wasser erleidet, an der Luft nach und nach von selbst wieder verschwindet, oder durch Abwischen und Abtrocknen wieder aufgehoben werden kann.

§. 17. *Sechster Versuch.* Zwei homogene Platindrähte sind, wie in Versuch II, mit den Polnäpfen des Galvanometers durch dünnen Kupferdraht verbunden und in destillirtes Wasser eingetaucht. Hebe ich nun den einen Draht im benetzten Zustande an die Luft, und senke ihn wieder ein, so ist derselbe ebenfalls *positiv* gegen den früher eingetauchten. Der Strom ist 1° bis 5°, je nachdem ich den ausgehobenen unmittelbar nach dem Ausheben wieder einsenke, oder kürzere oder längere Zeit an der Luft halte. Dieser Versuch kann mit dem gleichen Erfolge wiederholt werden, so oft man will. — Der Strom hängt hier nicht von einem theilweisen Trockenwerden des ausgehobenen Drahtes ab; sobald ein solches eintritt, wird der Draht von dem an ihm hängen bleibenden Tropfen nicht mehr gleichförmig bei Umkehrung desselben benetzt, und diesen Fall habe ich nicht abgewartet, vielmehr blieb der eingetauchte Theil sichtlich vollkommen benetzt. Der Strom ergiebt sich auch, wenn nur ein Theil des benetzten Stückes nach-

her wieder eingesenkt wird, wodurch man sich überzeugen kann, dafs er nicht davon abhängt, dafs das Wasser von dem unbenetzten Theile beim Einsenken hinaufspült. Ich glaube daher, dafs es keine andere Auffassungsweise für die Ursache dieses Stromes giebt, als diese: *dafs die mit Wasser benetzte Platinfläche die Bestandtheile der atmosphärischen Luft in andere Proportionen auflöst und condensirt, als das reine Wasser für sich, wodurch der durch die Benetzung auf der Platinfläche entstandene Ueberzug eine geringe Modification erhält, die ihn positiver macht.* Diese Modification des Ueberzuges verschwindet wieder, wenn der Draht in Wasser eingesenkt ist.

§. 18. Die gleichen Versuche alle, die ich hier für Platin näher beschrieben und auseinandergesetzt habe, habe ich auch mehrfach für *Kupfer*, *Gold*, *Silber* und *Zinn* angestellt. Diese sämmtlichen Metalle gaben in allen Fällen stets die gleiche Art des Erfolges, wie die entsprechenden Versuche mit Platin; nur wurden die gereinigten Drähte durch Eintauchen in Wasserstoffgas nicht verändert, und die entstehenden Ströme waren in allen Fällen schwächer. Bei den Versuchen mit Gold und Silber werde ich um so weniger verweilen, als mir keine chemisch reinen Metalle, sondern nur Legirungen derselben unter einander und mit Kupfer zu Gebot standen.

§. 19. Ich habe bereits §. 12 bewiesen, dafs auch das *Kupfer* im destillirten Wasser einen Ueberzug erhält, wodurch dasselbe negativer wird. Der Versuch mit Kupferdrähten und destillirtem Wasser ganz so, wie in §. 9 Versuch I mit Platindrähten angestellt, giebt einen Strom von 9°, während er für Platin bis zu 21° geht. Da nun der Uebergangswiderstand des Ueberzuges, den das Kupfer im destillirten Wasser erhält, wie in §. 14 bereits gezeigt wurde, viel geringer ist, als der des Ueberzugs, den das Platin erhält, alle übrigen Umstände des

Versuchs ganz die gleichen sind, die Stromstärke für Platin aber, ungeachtet des beträchtlich gröfseren Leitungswiderstandes, dennoch viel beträchtlicher ausfällt, so liegt in diesem Versuche der Beweis, *dafs die negative Veränderung des Kupfers in destillirtem Wasser viel unbeträchtlicher ist, als die des Platins.* — Obgleich ganz genaue Maafse nicht zu erlangen sind, so schien mir doch auch bei den übrigen, in §. 18 genannten Metallen die Stärke der Ströme, welche durch die elektronegative Veränderung, die sie im destillirten Wasser erleiden, hervorgehen, unverkennbar dieselbe Ordnung zu befolgen, welche in Hinsicht der Gröfse des dadurch zugleich entstehenden Uebergangswiderstandes stattfindet, so dafs ich überzeugt bin, *dafs der Leitungswiderstand des Ueberzugs um so gröfser ist, je beträchtlicher seine Elektronegativität die des unveränderten Metalles übertrifft.*

§. 20. *Zinndrähte,* welche ich bei Versuchen in nicht ganz reinem Wasser, ungeachtet der mannigfaltigsten Bemühungen, auf keine Weise homogen zu erhalten wufste, konnte ich doch bei gleichzeitigem Eintauchen derselben in reines destillirtes Wasser in der Regel bis 1° oder 2°, und häufig völlig übereinstimmend erhalten.

Der, wie in §. 9 mit Platin und in §. 19 mit Kupfer, unter ganz gleichen Umständen, angestellte Versuch, gab für *Zinndrähte* von nahe gleicher Dimension mit den angewendeten Platin- und Kupferdrähten einen Strom von 9° bis 15°; also stärker, als für Kupfer. Auch in allen übrigen Versuchen verhielt sich das Zinn wie Platin und Kupfer. — Kupfer- und Zinndrähte, wenn sie viele Stunden in reinem destillirten Wasser eingesenkt blieben, verhielten sich nachher gegen frisch gereinigte Drähte noch ganz eben so, wie wenn sie unmittelbar vorher wären eingesenkt worden. Es ist diefs ein Beweis, *dafs Kupfer und Zinn in reinem destillirten Was-*

ser nicht chemisch angegriffen werden, wie diefs auch v. Bonnsdorf schon auf anderem Wege für Kupfer wahrscheinlich gemacht hat.

§. 21. Ich habe schon in §. 12. gezeigt, dafs auch Eisen in destillirtem Wasser *elektronegativ* verändert wird. Dennoch fallen die bisher beschriebenen Versuche, welche für Platin, Gold, Silber, Kupfer und Zinn die gleichen Resultate geben, mit *Eisen* wiederholt, keineswegs in gleicher Weise aus. Wird in Versuch I §. 9 von zwei frisch gereinigten Eisendrähten Draht *b* so rasch als möglich unmittelbar nach *a* in destillirtes Wasser eingesenkt, so ist *b* positiv gegen *a*. Der Strom ist also so, wie man ihn, weil Eisen negativ verändert wird, erwarten mufs. Wartet man jedoch einige Secunden, nachdem *a* eingesenkt ist, so ist kaum ein *regelmäfsiger* Strom zu bemerken; bald ist *b* positiv, bald mehr oder weniger negativ gegen *a*; je nach der Zeitdifferenz des Eintauchens und der Behendigkeit, mit welcher das Eintauchen des zweiten Drahtes geschieht. Ist aber die Oxydation und theilweise Auflösung des Eisens schon eingetreten, so ist dasselbe bereits mit einer unendlich dünnen Schicht veränderter Flüssigkeit in Berührung, und es tritt nun ganz das ein, was man in Säuren und Salzlösungen bemerkt, nämlich der früher eingetauchte Draht, obwohl an sich *negativ* verändert, erscheint gegen den später eingetauchten *positiv*. — Sind zwei Eisendrähte eingetaucht, und es wird einer derselben nur leise erschüttert, so entsteht sogleich ein Strom, und der erschütterte Draht ist *negativ* gegen den nicht erschütterten. Wartet man längere Zeit, so werden die durch Erschütterung entstehenden Ströme sehr kräftig, und ihre Ursache wird im strengsten Sinne des Wortes sichtbar. Es überziehen sich nämlich die beiden Drähte mit auflöslichem Eisenoxydhydrat, welches in wolligen Krystallgruppen den Eisendraht bedeckt. Durch Erschütterung fallen einzelne Schuppen ab, und entblöfsen die darun-

ter liegende glänzende Metallfläche für die weitere Einwirkung des Wassers. Auch wird die mit dem Eisen in Berührung gewesene veränderte Flüssigkeitsschicht durch Erschütterung theilweise entfernt. Ja dieses Abfallen von Schuppen geschieht auf sichtbare Weise ohne alle Erschütterung von Zeit zu Zeit von selbst; dabei macht die Nadel plötzliche Sprünge, und in der That kommt die Nadel bei zwei Eisendrähten, welche in das Wasser eingetaucht sind, *nie* zu dauernder Einstellung. Die richtige Beurtheilung dieser Versuche scheint mir den Fundamental-Erklärungsgrund für alle die sonderbaren und scheinbar widersprechenden Ströme zu enthalten, welche bei ungleichzeitigem Eintauchen homogener Drähte in saure, alkalische oder Salzlösungen entstehen, wie ich weiterhin zeigen werde. — Diese Versuche beweisen nämlich, dafs das destillirte Wasser im *ersten Moment* auf das Eisen die nämliche Wirkung hervorbringt, als auf Platin, Kupfer, Zink etc.; es entsteht ein veränderter, schlechtleitender und gegen das Eisen selbst elektronegativer Ueberzug. Bei den edlen Metallen und Zinn ist mit der Bildung dieses Ueberzugs jede weitere Einwirkung des Wassers beendigt. Beim Eisen aber beginnt nun in den *nachfolgenden Momenten die chemische Action.* Das so durch Wasser veränderte Eisen wird auf Kosten des in Wasser aufgelösten Sauerstoffs der Luft in Eisenoxydhydrat verwandelt, welches sich krystallinisch aus dem Ueberzuge ausscheidet, und die darunter liegende Metallfläche erst dann für die weitere Einwirkung des Wassers wieder entblöfst, wenn es aufgelöst ist, oder abfällt. Es können dabei natürlich an der Oberfläche innerhalb der Flüssigkeit in Folge ungleicher Gruppirung der Krystalle secundäre Ströme entstehen, welche eine wirkliche Wasserzersetzung und dabei beschleunigte Oxydation erzeugen. Sobald diese chemische Action eingetreten ist, ist die Oberfläche des Metalls gegen *unverändertes* Eisen, wie aus §. 12 hervor-

geht, zwar elektronegativ verändert; sie ist aber, wie die obigen Versuche lehren, *weniger* elektronegativ, als der durch das Wasser im ersten Moment erzeugte Ueberzug, ehe die chemische Action, welche durch diesen Ueberzug vorbereitet wird, eingetreten ist. — Gleich wie beim Zusammengiefsen verschiedener Salzlösungen oft erst nach einigen Momenten ihrer Mischung ein *Niederschlag* sich auszuscheiden anfängt, so, denke ich mir, beginnt die Ausscheidung des Eisenoxydhydrats auch erst nach einigen Momenten der Bildung des Ueberzugs, der in gleicher Weise auf der Oberfläche der edeln Metalle im destillirten Wasser entsteht. — Wir haben eine *primäre* Action: diese ist die Bildung des Ueberzugs, der auch bei den edeln Metallen entsteht; und eine *secundäre* Action: diese ist der *nachfolgende chemische Angriff.*

§. 22. Dasselbe, was hier vom *Eisen* gesagt ist, gilt auch in analoger Weise vom *Zink* und *Blei.* Obgleich mir, ungeachtet mancher Stunde Zeit, die ich darauf verwendet habe, nie gelungen ist, zwei Zinkdrähte oder zwei Bleidrähte während der Dauer mehrerer Versuche homogen zu erhalten, und obgleich der Mangel an Homogenität (der darin erkannt wird, dafs die Nadel, wenn sie zur Ruhe kommt, sich nicht sogleich einstellt) meist von gröfserer Wirkung ist, als der durch das ungleichzeitige Eintauchen entstehende Strom, so konnte ich doch durch eine sehr *häufige* Wiederholung gleichartiger Versuche die zufälligen Unregelmäfsigkeiten in sofern eliminiren, als sich erkennen liefs, dafs die *Mehrzahl* der Ausweichungen der Nadel im entsprechenden Sinne geschah, wie beim Eisen.

§. 23. Zinkdrähte in einem bedeckten Gefäfse in destillirtes Wasser längere Zeit eingetaucht, lassen die Magnetnadel zur Einstellung kommen, und überziehen sich mit Zinkoxydhydrat, welches sich gruppenweise in Form von kleinen Nadeln auf der Oberfläche ansetzt.

rch Erschütterung eines Drahtes werden einzelne Flok-
ı oder Nadeln von Zinkoxydhydrat abgerissen; es
'd die dadurch entblöfste Metallfläche der Einwirkung
; Wassers neuerdings ausgesetzt, und es ist daher, wie
m Eisen, ein so erschütterter Draht *negativ* gegen den
ıenden; der Strom kann bei den angegebenen Dimen-
nen bis auf 20° gehen. Dieser letztere Versuch ge-
gt eben so mit constantem Erfolg auch beim Blei.

§. 24. Sind zwei Eisendrähte eingetaucht, und man
bt *b* aus, und hält denselben einige Augenblicke be-
tzt an die Luft, so ist beim Wiedereinsenken *b ne-
tiv* gegen *a*. Der Strom ist 5° bis 8°. Dieser Ver-
ch kann abwechselnd mit beiden Drähten wiederholt
erden, so oft man will. Auch hier scheint nicht nur
ne beschleunigte Oxydation, sondern wie bei Platin und
upfer eine durch die Luft verursachte Veränderung des
eberzugs die Ursache des Stroms zu seyn. Dasselbe
: bei Zink der Fall. Am stärksten negativ verhält sich
n Eisendraht, welcher in destillirtes Wasser getaucht
ıd dann mit Papier, Leinen oder Tuch getrocknet wurde;
kann dabei sehr kräftig abgerieben werden, dennoch
igt sich seine Oberfläche sehr stark negativ verändert.
er auf Eisen im destillirten Wasser entstehende Ueber-
ıg verschwindet also *nicht* durch *Trockenwerden* oder
bwischen, wie wir diefs von dem auf Platin und Ku-
er entstehenden bemerkt haben.

§. 25. Fasse ich die Resultate dieser, die Ströme
ırch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle in
estillirtes Wasser betreffenden Versuche zusammen, so
nd sie folgende:

*I. Alle Metalle werden durch Benetzung mit destil-
lirtem Wasser elektronegativ verändert, indem in
den ersten Momenten ihrer Benetzung ein schlecht
leitender Ueberzug entsteht, welcher die Ursache
des Uebergangswiderstands ist.*

II. Der Leitungswiderstand dieses Ueberzugs ist um so gröfser, je beträchtlicher die von ihm herrührende negative Veränderung des Metalls ist.

III. Bei den edlen Metallen und bei Zinn ist die Wirkung des Wassers mit der Bildung dieses Ueberzugs vollendet.

IV. Bei Eisen, Zink, Blei etc. geht die Bildung dieses Ueberzuges jeder chemischen Action voraus. Diese Metalle sind daher nach dem ersten Moment des Eintauchens negativer, als in den nachfolgenden. Der Ueberzug verschwindet wieder und bildet sich wieder neu nach Maafsgabe der fortschreitenden chemischen Einwirkung.

Versuche mit anderen Flüssigkeiten.

§. 26. Ich habe bereits zahlreiche ähnliche Versuche mit anderen Flüssigkeiten, besonders Schwefelsäure und Salpetersäure, angestellt, und dabei im Allgemeinen ganz analoge Resultate erhalten. Alle Metalle werden in Schwefelsäure und Salpetersäure *negativ* verändert. Platin giebt darin ganz dieselben, nur vergröfserte Ströme, wie im destillirten Wasser. Diejenigen Metalle aber, welche chemisch angegriffen werden, geben in der Regel dieselben Ströme, wie Eisen in destillirtem Wasser. Da die Art des chemischen Angriffs jedoch stürmischer und zusammengesetzter ist, so ist es viel schwerer, bei Wiederholungen constante Ablenkungen der Magnetnadel zu erhalten, und es treten bei einzelnen Metallen eine Menge von Particular-Erscheinungen ein, welche nicht selten Curiosa genannt zu werden ve[illegible]en, und da sie mit der besonderen Art des chemisc[illegible] Angriffs etc. wesentlich zusammenhängen, ein ganz specielles Studium erforderlich machen. Es ist daher unvermeidlich, die Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen für *jede Flüssigkeit* einer besonderen und eben so ausführlichen Untersuchung zu unterwerfen, als ich diefs für den einfach-

fachsten Fall, nämlich bei destillirtem Wasser, gethan habe. Indem ich mir die Fortsetzung dieser Mittheilung für andere Flüssigkeiten vorbehalte, will ich hier nur, um die allgemeine Bedeutung der im vorigen Paragraph ausgesprochenen Resultate verständlich zu machen, bei einem Beispiele, nämlich dem Verhalten des Kupfers zur Schwefelsäure, verweilen.

§. 27. Die Versuche sind mit Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,843 angestellt. Ist Draht *a* eingetaucht, so ist Draht *b*, frisch gereinigt, sehr kräftig *negativ* gegen *a*. Die Nadel würde, wenn sie nicht gehemmt wäre, im Kreise herumgeschleudert. Es giebt jedoch eine Geschwindigkeit, indem man Draht *b* nur einen Moment mit der Spitze in die Säure taucht und unmittelbar, so rasch wie möglich, wieder aushebt, bei welcher Draht *b* regelmäfsig *positiv* ist. Es entsteht dabei ein schwacher Strom von 3 bis 4 Graden. Hierin liegt ein directer Beweis, dafs der später eingetauchte Draht im ersten Moment *positiv* ist gegen die früher eingetauchten; nämlich, so lange der schlechtleitende Ueberzug noch nicht völlig hergestellt ist. Diefs ist jedoch in weniger als einer Secunde der Fall, und dann ist der so veränderte Draht enorm *negativer*, als der früher eingetauchte, bei welchem der chemische Angriff schon eingetreten ist; daher bei weniger rascher Manipulation der später eingetauchte Draht negativ erscheint. Bei stärker verdünnter Säure findet der Angriff, wie es scheint, viel rascher statt, und es läfst sich dann durch keine Geschwindigkeit mehr das primäre Verhältnifs der beiden Drähte sichtbar machen. Mit concentrirter Säure dagegen gelingt der Versuch viel leichter.

Man kann aus diesem Versuche entnehmen, dafs man überall nach einem solchen primären Verhältnifs wird suchen müssen, wo elektropositivere Metalle in Säuren entgegengesetzt verändert zu werden scheinen, als elektronegative. Meine bisherigen Versuche geben

mir die Ueberzeugung, dafs diefs *nie* der Fall ist, sondern dafs in allen Fällen nur die primäre Einwirkung durch eine kräftigere secundäre verhüllt und unsichtbar gemacht wird, wenn ein Metall in einer Flüssigkeit chemisch angegriffen wird.

Schlufsbetrachtung.

§. 28. Durch das Vorhergehende, in Verbindung mit zahlreichen Versuchen in anderen Flüssigkeiten, auf die ich ein ander Mal zurückkommen werde, bin ich zu folgenden Ueberzeugungen geführt:

I. So oft ein Metall von einer Flüssigkeit benetzt wird, bildet sich ein schlechtleitender, elektromotorisch veränderter Ueberzug.

II. Wird das Metall von der betreffenden Flüssigkeit nicht chemisch angegriffen, so hat es hiebei sein Bewenden, und der entstandene Ueberzug wirkt wie ein Firnifs, und ist die Ursache des Ueberg angswiderstandes.

III. Findet ein chemischer Angriff statt, so geht ihm gleichwohl die Bildung jenes Ueberzugs voraus. Derselbe ist die Bedingung der nachfolgenden chemischen Action.

IV. Wenn in einer Flüssigkeit das *elektronegativste Metall negativ* verändert wird, so werden *alle* Metalle in dieser Flüssigkeit primär *negativ* verändert. Und umgekehrt: Wird in einer Flüssigkeit das *elektropositivste* Metall *positiv* verändert, so werden *alle* Metalle in dieser Flüssigkeit primär *positiv* verändert.

§. 29. Die Thatsache der Bildung dieser Ueberzüge bietet ein sehr ausgebreitetes Interesse dar, und scheint einen Weg anzubahnen, auf welchem eine Menge bisher unzusammenhängender Erscheinungen, als von derselben allgemeinen Ursache herrührend, erkannt werden können. Wenn hiebei auch manches noch hypothetisch

seyn mag, so werden die Betrachtungen, die ich in dieser Beziehung seit längerer Zeit angestellt habe, doch vielleicht einer späteren Bekanntmachung nicht unwerth seyn; ich will hier zum Schlusse nur erwähnen, daſs mir unter anderem, namentlich von der Bildung der genannten Ueberzüge abzuhängen scheinen:

1) Die Mehrzahl aller der Wirkungen, welche man bisher unter den Begriff der *katalytischen* Kraft gereiht hat.
2) Die Phänomene der *Ladung* und *Polarisation* der festen Leiter durch galvanische Ströme.
3) Die Absorption von Gasarten durch poröse Körper, namentlich Kohle, das Erglühen mancher Pyrophore etc.
4) Die Phänomene der *Capillarität*, und viele andere Erscheinungen.

Noch sey mir die Bemerkung erlaubt, daſs diejenigen, welche die mitgetheilten Versuche prüfen und wiederholen wollen, sich nothwendig in den Besitz eines eben so empfindlichen Galvanometers setzen müssen, als der beschriebene. Ich kann zur Ausführung solcher Instrumente mit Vergnügen meinen ehemaligen Mechanicus, Hrn. Kauffmann, zu Solothurn in der Schweiz, empfehlen.

Mannheim, den 17. Juli 1841.

VII. *Ueber elektro-dynamische Induction; von J. Henry.*

Prof. der Physik am College von New-Jersey, Princeton.

(Fortsetzung der im Ergänzungsbande, S. 282, mitgetheilten Untersuchung; auch unter dem allgemeineren Titel: Beiträge zur Elektricität und zum Magnetismus, No. IV. — Freier Auszug aus den *Phil. Mag. Ser. III Vol. XVIII p.* 482.)

Die nachstehenden Versuche wurden zur Vervollständigung der früheren angestellt, gröfstentheils mit den damals angewandten Apparaten, nämlich mehren Gewinden von Kupferstreifen (Kupferband) und Kupferdraht. Erstere sollen auch hier Gewinde (*coils*), letztere Rollen (*helix*) heifsen. Aufserdem wurde eine Daniell'sche Kette von dreifsig Elementen angewandt. Jedes derselben bestand aus einem hohlen Kupfercylinder von 5,5 Zoll Höhe und 3,5 Z. Durchmesser, und einer Zinkstange von gleicher Höhe und 1 Zoll Durchmesser, die, innerhalb eines irdenen Gefäfses, durch eine Membran getrennt waren. Zu beiden Seiten der Membran befand sich ein Gemisch von 1 Th. Schwefelsäure mit 10 Th. Wasser, welchem auf Seite des Kupfers so viel Kupfervitriol zugesetzt worden, als sich auflösen wollte (der Zusatz der Säure auf Seite des Kupfers kann schwerlich vortheilhaft seyn. *P.*). Von Galvanometern wurden zwei angewandt, das eine mit 500 Windungen eines sehr dünnen Kupferdrahts, und das andere mit 40 Windungen eines dickeren. Die mit den Drahtrollen zu verknüpfende Magnetisirungsspirale bestand aus einem langen dünnen Draht, der um ein hohles Stück Stroh von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge 100 Windungen machte. Die mit den Kupferbandgewinden zu verknüpfende Spirale war ähnlich construirt, aber nur aus 20 Windungen.

I. Induction beim Beginn eines galvanischen Stroms.

In den früheren Versuchen konnte mit einem galvanischen Strom nur beim Oeffnen der Kette eine kräftige Induction erhalten werden; beim Oeffnen war sie sehr schwach, kaum wahrnehmbar. Es war dabei eine einfache Kette angewandt; statt ihrer wurde nun die erwähnte Batterie genommen. Zum Schliefsen derselben diente ein Kupferbandgewinde von 60 Fufs Länge, und, zur Aufnahme der Induction, eine Rolle von 1660 Ellen (*Yards*) dünnen Kupferdrahts, ganz wie es in Fig. 8 Taf. IV des Ergänzungsbandes bereits abgebildet wurde. Quecksilbernäpfe vermittelten die Verbindungen. Mit Hülfe dieser Vorrichtungen ergab sich nun Folgendes.

Mit einem einzigen Elemente war der Schlag beim Oeffnen der Kette stark, beim Schliefsen dagegen sehr schwach, nur in den Fingern oder der Zunge fühlbar. Mit zwei, drei u. s. w. Elementen nahm der Schlag beim Schliefsen merkbar zu, während der beim Oeffnen dieselbe Stärke behielt oder verhältnifsmäfsig wenig zunahm. Mit zehn Elementen war der Schlag beim Schliefsen vollkommen dem beim Oeffnen gleich, und mit noch mehr Elementen, z. B. mit allen dreifsig, war der erstere Schlag entschieden stärker als der letztere.

Früher glaubte der Verf. aus den mit einer Cruickshank'schen Batterie angestellten Versuchen schliefsen zu dürfen, dafs, bei Anwendung eines kurzen Gewindes, der Oeffnungsschlag mit vermehrter Plattenzahl der Batterie abnehme. Die Anwendung der Daniell'schen Batterie überzeugte ihn, dafs diefs Resultat nur aus der Abnahme der Kraft der Batterie hervorgegangen sey, vielmehr, bei constanter Kraft, der Oeffnungsschlag mit vermehrter Plattenzahl nahezu gleiche Stärke behalte.

Bei eben erwähnten Versuchen lag die Inductions-Rolle auf dem Gewinde; beim Heben der Rolle, also

beim Entfernen von dem Gewinde, nahm die Induction ab, bis sie zuletzt unmerklich wurde.

Jetzt wurde der Einfluſs der Länge des Gewindes auf den Schlieſsungsschlag ermittelt, und zwar bei einem einzigen Elemente und mit Gewinden von respective 60, 45, 30 u. s. w. Fuſs Länge. Im ersten Fall war dieser Schlag sehr schwach, nur in der Zunge wahrnehmbar, mit Verkürzung des Gewindes nahm er zu, und hatte dieser etwa 15 F. Länge, erreichte er sein Maximum.

Bei fernerer Verkürzung des Gewindes nahm er wieder ab, aber nur deshalb, weil dieses alsdann nicht hinlänglich auf die Drahtrolle wirken konnte. Dieſs ergab sich daraus, daſs wenn man die Rolle auf eine einzige Windung des Gewindes legte, und den übrigen Theil desselben, der nicht auf die Rolle wirken konnte, verkürzte, mit dieser Verkürzung der Schlag beständig zunahm. Die beim *Schlieſsen* der Kette erfolgende Induction nimmt also zu mit *Verkürzung* des schlieſsenden Leiters.

Die Induction beim *Oeffnen* der Kette nimmt ab, wenn man bei Gewinden von successiv kleinerer Länge eine und dieselbe Drehrolle anwendet, ebenfalls aber nur, weil dabei die Zahl der auf die Rolle wirkenden Windungen des ersteren abnimmt. Denn als man nur zwei Windungen des Kupferbands auf die Rolle wirken lieſs, und zugleich andere Gewinde in die Kette einschaltete, deren Länge von 60 bis zu 4 Fuſs variirte, konnte in dem Oeffnungsschlag nicht die geringste Veränderung wahrgenommen werden. Die beim *Oeffnen* der Kette erfolgende Induction, wird also durch Veränderung der Länge des schlieſsenden Leiters, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen, *nicht wesentlich geändert.*

Mit zehn Elementen und dem 60 F. langen Gewinde war, wie angegeben, der Schlieſsungsschlag dem Oeffnungsschlage gleich. Bei Verlängerung jenes Gewindes nahm der erstere ab und ward zuletzt ganz unwahrnehmbar.

Bei gleichbleibender Länge und Intensität des Stroms, nahm der *Schliefsungsschlag* mit vermehrter Dicke des Gewindes etwas zu (wodurch aber natürlich die Intensität des Stroms verstärkt wurde. *P.*). Diefs ergab sich aus successiver Anwendung eines einzigen und eines doppelten Gewindes.

Man hat also zwei Wege die Induction beim Schliefsen der Kette beliebig zu erhöhen, nämlich Erhöhung der Intensität der Elektricitätsquelle, und Verringerung des Widerstands in der Kette.

Beide Schläge, der beim Schliefsen und der beim Oeffnen, hängen einigermafsen von der Schnelligkeit der Bildung und Aufhebung des Stromes ab. Diefs beweist der Verf. durch folgenden Versuch. Er verbindet die beiden Enden eines Gewindes durch Quecksilbernäpfe mit den Polen der Batterie, und giebt dem Gewinde, etwa sechs Zoll von dem einen Ende, eine hakenförmige Biegung, welche er nach Belieben in den Napf des andern Endes tauchen kann. Wenn diefs geschieht, ist das Gewinde von dem Strome ausgeschlossen, ohne dafs die Kette geöffnet ist, die sich vielmehr dann ganz durch das sechs Zoll lange Stück Kupferband entladet. Als er nun auf diese Weise den Strom abwechselnd und plötzlich zum Gewinde ein- und austreten liefs, ohne die Kette zu öffnen, konnte er von der Inductionsrolle keinen Schlag erhalten, es mochte eine einfache Kette oder eine Batterie angewandt werden.

Die Schwäche des *Schliefsungs*schlages bei Anwendung einer einfachen Kette und eines langen Gewindes rührt her nicht blofs von dem grofsen Widerstand des letzteren, sondern eben so sehr, wenn nicht hauptsächlich, von dem entgegenwirkenden Einflufs des secundären Stroms, der in dem primären Leiter selbst inducirt wird. Diefs erhellt aus folgendem Versuch.

Die Drahtrolle No. 1 (von 1660 Fufs) wurde auf ein Gewinde von nur drei Windungen Kupferband ge-

legt. Hiemit erhielt man von einer einfachen Kette sowohl beim Oeffnen als beim Schliefsen einen Schlag in den Händen. Dann wurden die Gewinde No. 3 und No. 4 (jedes von 60 Fufs Kupferband) zusammengerollt, so dafs ihre Windungen abwechselnd in einander lagen, sie dann in die Kette eingeschaltet, so, dafs sie nicht auf die Rolle wirken konnten. Wenn nun der Strom durch No. 3 geleitet wurde, war beim Schliefsen der Schlag kaum wahrnehmbar in den Händen, während der Schlag beim Oeffnen durch die Verlängerung des Leiters nichts oder wenig von seiner Stärke eingebüfst hatte. Jetzt wurden die Enden des Gewindes No. 4 mit einander verbunden, so dafs dieses ein Geschlossenes darstellte. Dann war der Schlag beim Schliefsen der Kette fast eben so stark wie bei alleiniger Anwendung des kurzen Leiters. Die Hauptursache der Schwäche des Schlags beim Schliefsen der Kette liegt also in der entgegengesetzten Wirkung, die der im Leiter der Kette selbst erzeugte secundäre Strom auf die Drahtrolle ausübt. Der Schlag beim Oeffnen der Kette schien immer derselbe zu seyn, die Enden des Gewindes No. 4 mochten verbunden oder getrennt seyn.

Nachdem so die Umstände, von denen die Induction beim Beginn des galvanischen Stroms abhängt, ermittelt worden waren, schritt der Verfasser zu Versuchen, um die Natur der von dieser Induction hervorgebrachten Wirkungen zu bestimmen. Er suchte demnach durch diese Anfangs-Induction die Ströme verschiedener Ordnungen zu erzeugen, welche er früher mit der End-Induction erhalten hatte. Das gelang auch vollkommen. Mit Leichtigkeit erhielt er Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung. Auch die schützende oder neutralisirende Wirkung einer zwischen zwei auf einander folgende Leiter eingeschobenen Metallscheibe zeigte sich hier wie früher. Kurz alle diese Erscheinungen waren denen bei der End-Induction gleich.

Nun suchte der Verf. bei der Anfangs-Induction auch die Richtung der Ströme verschiedener Ordnung zu bestimmen, und zwar sowohl mittelst der früheren Magnetisirungsspirale (siehe S. 283 der früheren Abhandlung), als mittelst eines Galvanometers. Es ergab sich hiebei, dafs die Nadel des Galvanometers nur von den secundären Strömen zweiter Ordnung kräftig abgelenkt wurde, von denen dritter, vierter und fünfter Ordnung aber nur sehr schwach. Die durch sie angezeigte Richtung der Ströme stimmte indefs mit der von der Magnetisirungsspirale angegebenen überein.

Auf beiden Wegen bestätigte sich für die Richtung dieser secundären Ströme das von Faraday entdeckte Gesetz, dafs sie bei jedem Strom die umgekehrte ist von der des Stroms der vorhergehenden Ordnung. Man hat demnach aus diesen und den früheren Versuchen für die Richtung der Ströme folgendes Resultat:

	Beim Beginn.	Beim Ende.
Primärer Strom	+	+
Secundärer Strom	—	+
Strom dritter Ordnung	+	—
Strom vierter Ordnung	—	+
Strom fünfter Ordnung	+	—

Im Laufe der in diesem Abschnitt beschriebenen Versuche fand der Verfasser, dafs man auch ohne ein Kupferbandgewinde einen Schlag beim Schliefsen erhalten kann, wenn man einer Batterie von etwa zehn Elementen eine Kreisgestalt giebt und innerhalb desselben die Drahtrolle anbringt. Beim Schliefsen ist der Schlag in den Händen fühlbar, beim Oeffnen kaum in der Zunge.

In der zweiten Nummer meiner Beiträge habe ich gezeigt, dafs man, wenn man seinen Körper in eine Kette von 120 Elementen einschaltet, bei der Fortdauer des Stroms, eine prickelnde Empfindung bekommt, die aber sogleich in einen Schlag übergeht, so wie man die Bat-

terie öffnet. Offenbar rührt diefs von einem secundären Strom her, der in der Batterie selbst inducirt wird, und dadurch erklären sich die merkwürdigen physiologischen Wirkungen, die Dr. Ure an dem Leichnam (*body*) eines Missethäters beobachtete, der in eine Batterie eingeschaltet war, welche durch eine Vorrichtung rasch hinter einander öfters geöffnet wurde.

Der Verf. glaubt auch, dafs die intensiven Schläge der elektrischen Fische von einem secundären Strom herstammen, und dafs der ausgebildete Nerven-Apparat dieser Thiere den Dienst eines langen Leiters verrichte, eine Meinung, die auch Hr. Masson ausgesprochen hat.

Endlich bemerkt der Verf. noch, dafs er den früher (S. 291 der älteren Abh.) beschriebenen Versuch über die Induction in die Ferne seitdem in noch gröfserem Maafsstabe wiederholt habe. Er vereinigte all seinen Kupferband zu einem Leiter von 400 Fufs Länge, rollte ihn zu einem Ringe von 5,5 Fufs Durchmesser auf, und hängte diesen Ring an eine Flügelthür, welche das Laboratorium von dem Hörsaale trennte. An der andern Seite der Thüre, in dem Hörsaale, jenem Ringe gegenüber, bildete er aus Kupferdraht von $\frac{1}{16}$ Zoll Dicke und der Länge einer engl. Meile ein Gewinde (*hoop*), und verband den Kupferbandring mit einer Batterie von acht Elementen, die zusammen 147 Quadratfufs Zink enthielten. Mit dieser Vorrichtung erhielt er noch, bei sieben Fufs Abstand zwischen beiden Leitern, einen Schlag in der Zunge, und bei zwei bis vier Fufs Abstand war derselbe ganz schmerzhaft. Der Versuch war besonders interessant, wenn die Induction durch mehre in einer Reihe stehende Personen geleitet wurde.

II. Von scheinbar zwei Arten elektrodynamischer Induction.

Zu der in diesem Abschnitt beschriebenen Untersuchung wurde der Verf. durch den Umstand veranlafst,

dafs, während nach seiner Erfahrung eine Metallscheibe, die zwischen das einen galvanischen Strom leitende Gewinde und die zur Aufnahme der Induction bestimmte Drahtrolle eingeschaltet worden, den Schlag vom secundären Strom fast gänzlich aufhebt (S. s. frühere Abhandl. S. 292), andererseits Faraday in seiner 14. Reihe (S. Ergänzungsband, §. 1723) angiebt, es mache keinen Unterschied, ob der Raum zwischen den beiden Leitern von isolirenden Körpern, wie Luft, Schwefel und Schellack, oder von leitenden Körpern, wie Kupfer und anderen nicht magnetischen Metallen angenommen werde [1]).

Beim Nachdenken über diesen Widerspruch fiel dem Verf. ein, es möge sich wohl die Induction auf solche Weise hervorbringen lassen, dafs sie nicht durch die Dazwischensetzung der Metallplatte verändert werde. Gesetzt es befinde sich ein aufrechter Magnetstab unter der Mitte einer Kupferplatte, und man nähere dieser von oben her plötzlich eine Drahtrolle, so werde in dieser ein inducirter Strom erregt, weil sie nicht durch die Kupferplatte vor dem magnetischen Einflufs geschützt sey. Der Verf. fand diese Vermuthung durch einen derartigen Versuch gerechtfertigt, wobei er nur, statt des Magnetstabes, ein Kupferbandgewinde nahm, welches er von einem galvanischen Strom durchlaufen liefs. Als die Drahtrolle rasch zur Platte herab bewegt ward, schwang die Nadel des mit der Kette verbundenen Galvanometers in der einen Richtung, beim Heben in der andern. Der Betrag der Ablenkung war derselbe, die Platte mochte zwischen Gewinde und Drahtrolle eingeschaltet seyn oder nicht.

Bei diesem Versuch blieb die Platte in Ruhe; sie

1) Die in diesem Abschnitt beschriebenen Resultate fallen, wie man sieht, in der Hauptsache mit denen zusammen, die Prof. Dove im Oct. 1839 der Academie vorlegte. (S. Ann. Bd. XXXXIX S. 72.)

nahm also nicht Theil an der durch die Bewegung der Rolle erzeugten Induction. Der Verf. erwartete ein entgegengesetztes Resultat zu finden, wenn er die Platte zugleich mit der Rolle auf- und abbewegen würde. Als er aber den Versuch so anstellte, fand er, dafs die Bewegung der Nadel gerade eben so grofs war, wie wenn er die Drahtrolle allein bewegte.

Diefs unerwartete und merkwürdige Resultat veranlafste den Verfasser den Versuch mehrfach abzuändern.

Zunächst schaltete er statt der Platte ein Kupferbandgewinde ein; doch diefs mochte in Ruhe bleiben oder bewegt werden, seine Enden getrennt oder verbunden seyn, so war die Wirkung auf die Galvanometernadel doch stets dieselbe. Von einem schirmenden Einflufs war nicht das Mindeste wahrzunehmen, während die früheren Versuche ergeben hatten, dafs ein Gewinde besser schirmte als eine Platte (a. a. O. S. 294).

Hierauf erregte er, während sonst Alles ungeändert blieb, dadurch inducirte Ströme in der Rolle, dafs er die mit dem Gewinde verbundene Batterie auf und ab in der Säure bewegte. Allein auch jetzt war die Wirkung auf die Nadel dieselbe, die Platte oder das Gewinde mochte eingeschaltet seyn oder nicht.

Der Versuch wurde auch mit Magneto-Elektricität wiederholt. Zu dem Ende wickelte er etwa 40 Fufs eines mit Seide übersponnenen Kupferdrahts auf eine kurze Rolle steifen Papiers, stecke einen hohlen Cylinder von Kupferblech hinein, und in diesen wieder einen kurzen Stab von weichem Eisen. Wenn er diesen Stab durch plötzliche Berührung seiner Enden mit den entgegengesetzten Polen zweier Magnete magnetisirte, mufste in dem Draht ein Strom entstehen. Dieser Strom wirkte nun in gleicher Stärke auf die Galvanometernadel, der Kupferblechcylinder mochte eingeschoben seyn oder nicht.

Den letzteren Versuch änderte er auch dahin ab, dafs er zwei Kupferdrähte von gleicher Länge um die

Mitte des Ankers eines Hufmagneten wickelte, die Enden des innern herausragen liefs und die des andern mit einem Galvanometer verband. Als er nun durch Abziehen des Ankers vom Magnet einen Strom erregte, fand sich, dafs die Wirkung auf das Galvanometer nicht im Mindesten geschwächt war, wenn er die Enden des innern Drahts mit einander verbunden hatte.

Auf dem ersten Blick könnte es scheinen, dafs alle diese Resultate im Widerspruch ständen mit denen, welche der Verfasser früher über die Wirkung dazwischengesetzter Gewinde und Metallplatten erhielt. Allein man mufs erwägen, dafs bei den gegenwärtigen Versuchen die inducirten Ströme nicht den früher beschriebenen gleich waren: Sie alle wurden durch Bewegung hervorgebracht, und hatten eine merkliche Dauer, hielten an, so lange die Bewegung dauerte. Sie waren auch von geringer Intensität, in dem Grade, dafs er, bei keiner Einrichtung des Apparats, einen Schlag von Strömen dieser Art erhalten konnte. Andererseits haben die Ströme, welche durch *plötzliches* Schliefsen und Oeffnen einer galvanischen Kette entstehen, eine bedeutende Intensität und eine nur augenblickliche Dauer. Durch diese und andere noch zu erwähnende Thatsachen ward der Verf. zu der Annahme geführt, dafs es zwei Arten von elektrodynamischer Induction gebe, eine, welche durch Einschaltung einer Metallplatte zwischen die Leiter neutralisirt werden kann, und die andere nicht.

In Folge dieser Vermuthung hielt der Verf. es für wichtig, alle Erscheinungen der Induction bei plötzlichem Schliefsen und Oeffnen einer galvanischen Kette einer abermaligen Prüfung zu unterwerfen [1]). Er bemerkt dabei zuvörderst, als ein seitdem von ihm gefundenes Resultat, dafs, wiewohl das Galvanometer und die Magnetisirungsspirale in ihren Angaben über die Richtung des Stromes übereinstimmen, doch diefs in Bezug auf

1) S. Annal. Ergänzungsband, S. 282.

Intensität der Wirkung nicht der Fall sey. Wenn z. B. der Apparat so vorgerichtet ward, daſs die Induction beim Schlieſsen der Batterie entweder so schwach war, daſs sie der Nadel nicht den geringsten Magnetismus ertheilte, oder so stark, daſs sie dieselbe bis zur Sättigung magnetisirte, war die Angabe des Galvanometers in beiden Fällen gleich.

Aehnliches ergab sich in dem Vergleich des Schlages mit den Ablenkungen des Galvanometers. Bei einem Versuche z. B. war der Schlag beim Schlieſsen so schwach, daſs er kaum in den Fingern verspürt werden konnte, und beim Oeffnen der Kette so stark, daſs er bis in die Brust zu fühlen war, und doch wich die Galvanometernadel in beiden Fällen um gleich viel, 35 Grade, ab, im ersten nach der Linken, im andern nach der Rechten.

Bei einem andern Versuch, mit demselben Apparat wie zuvor, wurden die Magnetisirungsspirale und das Galvanometer zugleich in die Drahtrolle eingeschaltet. Beim Schlieſsen der Batterie zeigte eine in die Spirale geschobene Nähnadel keine Anzeige von Magnetismus, obwohl das Galvanometer um 30 Grade abgelenkt ward. Nach Oeffnen der Kette fand sich die wieder hineingeschobene Nadel stark magnetisirt, während das Galvanometer wieder 30° abwich, nur in entgegengesetzter Richtung.

Aehnliche Erscheinungen zeigten sich, wenn der Apparat so vorgerichtet ward, daſs die Induction beim Beginn des Stromes vorwalten muſste. Beim Schlieſsen und Oeffnen der Kette war dann die Wirkung auf das Galvanometer noch nahe gleich, oder jede Verschiedenheit lieſs sich auf eine Veränderung in der Kraft der Batterie, während des Versuches, zurückführen.

Eine andere wichtige Thatsache dieser Art ist die schon erwähnte, daſs die Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung, verglichen mit denen zweiter Ordnung, sehr wenig auf das Galvanometer wirken; dieſs rührt nicht

allein von abnehmender Stärke der successiven Inductionen her, wie aus folgendem Versuch erhellen wird.

Durch Vergröfserung des Abstandes der Drahtrolle über dem Gewinde wurde der secundäre Strom so geschwächt, dafs er schwächer war als ein anderer, tertiärer. Dennoch lenkte der secundäre Strom die Galvanometernadel um 25° ab, die tertiäre kaum mehr als um einen. Noch schwächer lenkten die Ströme vierter und fünfter Ordnung ab.

Hiedurch veranlafst, wiederholte der Verf. einige seiner früheren Versuche mit Abänderungen, und beobachtete Folgendes; Wenn die Batterie von zehn Elementen mit dem Gewinde No. 1 verbunden war, erhielt er, sowohl beim Schliefsen als beim Oeffnen, von der Drahtrolle sehr schmerzhafte Schläge, und diese wurden, wie gewöhnlich, durch Einschaltung einer Zinkplatte fast ganz neutralisirt. Brachte er nun, statt seines Körpers, ein Galvanometer in die Kette, so waren dessen Angaben immer gleich, die Platte mochte eingeschaltet seyn oder nicht.

Aehnliches beobachtete er, wenn Galvanometer und Magnetisirungsspirale zugleich in die Kette eingeschaltet waren. Die Einschaltung der Platte vernichtete die magnetisirende Wirkung der Spirale auf angelassenen Stahl gänzlich, während sie die Ablenkungen der Galvanometernadel unangefochten liefs.

Um die hieher gehörigen Thatsachen zu vermehren, änderte der Verf. die letzten Versuche noch verschiedentlich ab. Zunächst brachte er in die Magnetisirungsspirale, statt der harten Stahlnadel, eine von weichem Eisen, und, fast in Berührung mit ihren Enden, eine kleine Menge Eisenfeilicht. Bei Einschaltung der Platten wurden nun die Eisentheilchen von der Nadel angezogen, zum Beweise, dafs ein schwacher Magnetismus temporär entwickelt worden war. Der Strom also, der die Nadel bewegt und nicht durch die eingeschaltete

Platte neutralisirt wird, magnetisirt auch weiches Eisen schwach, aber nicht harten Stahl.

Als statt der Zinkplatte eine gufseiserne Platte von derselben Gröfse, aber halber Dicke, eingeschaltet wurde, zeigte sich die Magnetisirungskraft der Spirale in Bezug auf angelassenen Stahl neutralisirt und auch die Wirkung auf das Galvanometer sehr verringert.

Hierauf wurden zugleich das Galvanometer, die Magnetisirungsspirale und ein Tropfen destillirten Wassers in die Drahtrolle No. 1 eingeschaltet. Dann war die Magnetisirungskraft der Spirale noch dieselbe wie ohne Wasser; allein die Ablenkung der Galvanometernadel war von 10 auf 4 Grade herabgesunken. Jetzt schaltete der Verf. auch noch seinen Körper in denselben Bogen ein; nun waren die Schläge sehr schmerzhaft, die Spirale magnetisirte Nadeln stark, allein das Galvanometer bewegte sich noch weniger als zuvor. Der schwache Strom, welcher in diesen Fällen die Nadel ablenkt, war durch die unvollkommene Leitungsfähigkeit des Wassers und des Körpers theilweis aufgehoben.

Um die Resultate dieser Versuche mit noch mehr Genauigkeit darzuthun, nahm nun der Verf. einen ähnlichen Apparat wie Faraday in der 14. Reihe seiner Untersuchungen beschrieben hat [1]), nämlich ein Doppel-Galvanometer, mit zwei Drähten von gleicher Länge und Dicke um denselben Rahmen gewickelt, und auch eine doppelte Magnetisirungsspirale, bestehend aus zwei gleichen, um Einen Strohhalmen gewickelten Draht. Das Gewinde No. 1, verbunden mit der Batterie, stand senkrecht auf einem Tisch, und die Gewinde No. 3 und 4 waren, zu beiden Seiten, ihm parallel aufgestellt, um die Induction zu empfangen. Die Enden dieser Gewinde waren solchergestalt mit denen des Galvanometers und der Spirale verbunden, dafs der inducirte Strom des einen Gewin-

1) S. Annal. Ergänzungsband, S. 269 §. 1720.

windes die beiden Instrumente in entgegengesetzter Richtung durchlaufen mufste, als der des andern. Die beiden seitlichen Gewinde waren, durch Ab- und Zurükken von dem mittleren Gewinde so ajustirt, dafs die inducirten Ströme einander in beiden Instrumenten vollkommen aufhoben, also die Nadel des Galvanometers, und die in der Spirale beim Schliefsen und Oeffnen der Batterie keine Einwirkung erlitten.

Mittelst dieser empfindlichen Vorrichtung liefs sich der geringste Unterschied in der Wirkung der beiden Ströme wahrnehmbar machen. Als nun eine Zinkplatte zwischen das mittlere und eins der seitlichen Gewinde eingeschaltet wurde, blieb die Galvanometernadel noch vollkommen ruhig, während die Nadel in der Spirale stark magnetisirt wurde. Als jedoch, statt der Zinkplatte, eine Eisenplatte eingeschoben ward, erlitt auch die Galvanometernadel eine Einwirkung.

Aus obigen Resultaten würde hervorgehen, schliefst der Verf., dafs die secundären Ströme, welche im Moment des Anfangs oder Endes eines galvanischen Stroms, beim Schliefsen und Oeffnen der Kette, erzeugt werden, aus zwei Theilen bestehen, welche mit verschiedenen Eigenschaften begabt sind. Die einen, von geringer Intensität, können durch einen Tropfen Wasser unterbrochen werden, magnetisiren gehärtete Stahlnadeln nicht, und werden durch Einschaltung einer Metallplatte zwischen die Leiter, ausgenommen eine Eisenplatte, aufgefangen. Die anderen sind von bedeutender Intensität, werden nicht durch einen Tropfen Wasser aufgefangen, entwikkeln Magnetismus im gehärteten Stahl, geben Schläge und werden durch ein geschlossenes Kupfergewinde oder durch eine Platte von irgend einem Metall neutralisirt. Der inducirte Strom, welcher durch Nähern und Entfernen eines Leiters, in Bezug auf einen Batteriestrom, entsteht, so wie der, welcher durch Auf- und Abbewegen einer Batterie, in der Säure, erregt wird, gehören zu der

ersten Klasse, wogegen die Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung fast ausschliefslich die Eigenschaften der zweiten Klasse besitzen.

[Vorstehender Auszug enthält den thatsächlichen Theil der Abhandlung, die der Verfasser im October 1839 der amerikanischen Gesellschaft mittheilte; eine, etwas gedehnte, theoretische Betrachtung, welche derselbe später hinzufügte, soll, erforderlichenfalls, den Lesern in der Folge werden. *P.*]

VIII. *Ueber einige vermeintliche Gestalten des Blitzes; von Michael Faraday.*

(*Phil. Magaz. Ser III Vol. XIX p.* 104. — Aus einem Briefe an die Herausgeber dieser Zeitschrift.)

Wenn sich an einem heiteren oder nicht bezogenen Himmel Gewitterwolken in der Ferne bilden, so bieten diese Wolken und die Beleuchtungen derselben durch den Blitz dem Beobachter ein prachtvolles Schauspiel dar, und das, was er oft für einen zackigen Blitz (*forked lightning*) hält (d. h. für einen wirklichen Blitz, und nicht für einen Wiederschein desselben), scheint die Wolken in der schönsten Weise zu durchlaufen. Diefs war der Fall mit dem Gewitter am Abend des 27. Mai d. J., welches ich in London um 9 Uhr im Westen beobachtete, als die Wolken 20 engl. Meilen und weiter entfernt seyn mochten. Dasselbe Schauspiel habe ich öfters von unseren Südküsten aus über dem Meere gesehen. In vielen dieser Fälle ist das, was man für die elektrische Entladung nimmt, nur der beleuchtete Rand einer Wolke, hinter welcher die Entladung stattfand, ähnlich, wie eine dunkle, scharf begränzte Wolke sich oft mit hell erleuchtetem Rande zeigt, wenn sie zwischen dem Beobachter und der Sonne oder auch dem Monde steht. Beim Blitze ist, wenn die Wolken entfernt sind, die Linie so

glänzend, im Vergleich zu der Helligkeit dieser Wolken und des Himmels, so plötzlich und kurz von Dauer, so scharf begränzt und von solcher Form, dafs Jeder im ersten Augenblicke glaubt, er habe den wirklichen Blitz gesehen.

Die Formen dieser Linie, als von denen der Wolken abhängig, sind sehr verschiedenartig, und haben deshalb zu manchen Irrthum hinsichtlich der Gestalt des Blitzes geführt. Oft, wenn man glaubt den Blitz von einer Wolke zu einer anderen überspringen zu sehen, ist es nur dieser beleuchtete Rand, den man erblickt. In andern Fällen, wenn man meint man sehe ihn aufsteigen, ist diese Linie nur oben heller als unten. Man hat gekrümmte Blitze beschrieben, die von den Wolken aus in schiefer Richtung zum Meere herabgingen und dann wieder zu den Wolken zurückkehrten; und doch ist diese Erscheinung, welche ich selbst zuweilen gesehen habe, nichts als der erleuchtete Rand einer Wolke.

Ich habe Fälle dieser Art beobachtet, wo der Blitz sich in zwei Arme zu spalten schien, eine Täuschung die leicht bei entfernten Blitzen eintritt. Oft habe ich auch einen Blitz gesehen, der eine merkliche Dauer zu haben schien, was ich davon ableite, dafs zwei oder mehre Blitze rasch hinter einander an derselben Stelle erschienen und einen und denselben Rand einer Wolke beleuchteten.

Die eben beschriebenen Erscheinungen können oft leicht auf ihre Ursache zurückgeführt werden, und sie machen begreiflich, in welche Irrthümer man hinsichtlich der Gestalt und Beschaffenheit des Blitzes geführt werden kann und worden ist. Oft geschieht es an der Küste, dafs sich Abends nach einem schönen Tage Wolken am Horizont über dem Meere ansammeln, und Stunden lang alle zwei bis drei Secunden Blitze an und zwischen ihnen erscheinen. Dann könnte man glauben, die Blitze selbst zu sehen; wenn man aber die nächste oder eine fol-

gende Beleuchtung abwartet, gewahrt man, dafs dabei der Blitz an derselben Stelle und in derselben Gestalt erscheint, oder, wenn er etwas nach der Linken oder Rechten fortgerückt ist, dafs er noch dieselbe Gestalt wie zuvor besitzt. Zuweilen erscheint ein Blitz drei oder vier Mal hinter einander in derselben Gestalt; und ein anderes Mal begiebt es sich, dafs, nachdem ein Blitz von gewisser Form an einem gewissen Ort erschienen ist und auch andere an anderen Orten, dann wieder der erste an seinem Ort zum Vorschein kommt, und darauf selbst die übrigen an ihren Orten. In allen diesen Fällen sind es aber, was wir sehen, blofs die beleuchteten Ränder der Wolken, und nicht die wirklichen Blitze. Diese Gestalten scheinen häufig in den Wolken vorhanden zu seyn, sind aber nicht eher erkennbar, als bis der Blitz erscheint. Es ist jedoch leicht zu begreifen, warum sie erst dann hervortreten; denn was von Ferne eine dichte Wolkenmasse, die uns an ihrem Umrisse keine Gestalt erkennen läfst, zu seyn scheint, besteht oft aus vielen untergeordneten und wohl geformten Massen, die, wenn es zwischen und hinter ihnen blitzt, ihre Gestalten und Linien wahrnehmen lassen.

Die scheinbare Dauer, von der ich gesprochen, ist blofs ein Fall einer raschen Wiederholung, und kann von einem sorgfältigen Beobachter leicht mit dem verknüpft werden, was ich hier als die beste Probe der Erscheinungen vorgeschlagen habe.

Es giebt noch andere Umstände, welche mit helfen, den scheinbaren Blitz von dem wahren zu unterscheiden, nämlich die Dicke und der Helligkeitsgrad desselben; allein ich glaube genug gesagt zu haben, um die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand hinzulenken.

IX. *Ueber einige Elektro-Nitrogurete;*
von W. R. Grove.

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XIX p.* 97.)

Das ammoniakalische Amalgam, oder diejenige, von Seebeck entdeckte aufserordentliche Substanz, welche sich an der Kathode bildet, wenn man Lösungen von Ammoniak oder dessen Salzen mit Quecksilber elektrolysirt, hat zu verschiedenen Zeiten die Aufmerksamkeit der ausgezeichnetsten Chemiker erregt, und mufs, als das scheinbare Glied zwischen den Metallen und den permanenten Gasen, immer ein Gegenstand des höchsten Interesses seyn. Die Versuche, welche ich hier der K. Gesellschaft vorzulegen wage, werden, glaube ich, einiges Licht auf diese Verbindung werfen, dieselbe verknüpfen mit den von verschiedenen Chemikern angestellten Versuchen über die Zersetzung des Ammoniaks bei seinem Hinstreichen über glühende Metalle, einige Anomalien bei diesen Erscheinungen erklären, und einige neue und sonderbare Verbindungen kennen lehren.

Mein erster Versuch über das ammoniakalische Amalgam bezweckte das Gefrieren desselben, was auch, durch die Güte des Hrn. Everett in dem Laboratorium des Middlesex-Hospitals, in Gegenwart des Hrn. Prof. Schönbein von Basel, gelang. Eine Masse der Verbindung, die durch Eintauchen von Kaliumamalgam in Salmiak erhalten war, wurde der starren Kohlensäure ausgesetzt, die auf gewöhnliche Weise durch Schwefeläther flüssig gemacht worden. Sie gefror mit Leichtigkeit, doch bei welcher Temperatur vermochte ich nicht genau zu ermitteln. Im Moment der Gestarrung zog sie sich etwas zusammen, ohne irgend ein Gas auszugeben. Im starren

Zustand liefs sie sich zerbrechen, und ihr Bruch war sehr dunkelgrau, fast schwarz, einigermafsen dem von Gufseisen ähnlich, welches eine Zeit lang an der Luft gelegen hat. Sie hatte wenig oder keinen Metallglanz und beim Aufthauen gab sie Ammoniak, Wasserstoff und Stickstoff.

Mein nächster Versuch, eine starre Ammoniak-Verbindung zu erlangen, bestand darin, dafs ich eine ungemein leichtflüssige Legirung aus Quecksilber und Newton's schmelzbarem Metall bildete. Ich erhielt eine, die bei gewöhnlicher Temperatur fest war, und bei 86° F. schmolz. Diese machte ich in einer mäfsig erwärmten Ammoniaklösung zur Kathode einer Volta'schen Batterie Sie blieb vollkommen unverändert, und gab die Gase wie es eine starre Kathode gethan haben würde. Nun fiel mir ein, dafs, wenn ich die Lösung eines Ammoniaksalzes elektrolysirte und zur Anode ein oxydirbares Metall nähme, dieses sich lösen und an der Kathode, vereint mit dem freiwerdenden Stickstoff und Wasserstoff reducirt werden würde, und so eine permanente Verbindung entstehen möchte. Zu dem Ende ward erfordert, dafs das Oxyd oder Chlorid des Metalls leicht reducirbar, löslich in Ammoniaksalzen und nicht fällbar von ihnen sey. Blei, Eisen und Platin gaben demnach wenig Hoffnung auf Erfolg, und diefs bestätigte sich auch durch einen Versuch. Zinn war ebenfalls unwirksam wegen der Menge des gebildeten unlöslichen Oxyds und Oxydchlorids. Indefs sammelte sich doch mit diesem Metall eine kleine Menge einer dunkelgrauen schwammigen Masse an der Kathode, die indefs bald von der Lösung zerstört ward. Ganz anders waren jedoch die Resultate mit Zink, Kupfer und Kadmium, und die dabei gebildeten Verbindungen und die Methoden zur Bildung derselben will ich nun einzeln beschreiben.

Einen langen Glaskasten füllte ich mit destillirtem Wasser, und legte darin mehre Stücke Salmiak. An

den beiden Enden des Kastens tauchte ich in diese Flüssigkeit, getrennt durch eine Mauer von Salmiakkrystallen, einen Platindraht als Kathode, und ein an einem Platindraht hängendes Stück destillirten Zinks als Anode einer Säule von sechs Zink-Platin-Elementen, die, wie ursprünglich, von mir, mit verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure geladen waren (*Phil. Mag. Mai* 1839. — Ann. Bd. XXXXVIIII S. 300). Alsbald bildete sich um die Kathode eine schwammige Masse, bestehend, wie es schien, aus einem Wulst von Blättern und Facetten, an Farbe und Glanz dem Graphit ähnlich, die bei zunehmender Gröfse aufstieg und schwamm. Ihre Leichtigkeit verdankte sie jedoch hauptsächlich dem in ihren Zwischenräumen eingeschlossenen Gase, denn, wenn man sie zwischen zwei Glasstreifen etwas zusammendrückte, sank sie sogleich unter.

Nachdem sich eine hinlängliche Menge von diesem Schwamm gebildet hatte, wurde er sanft abgenommen, auf ein Filtrum gebracht, gut mit destillirtem Wasser gewaschen, auf einem Sandbade bei mäfsiger Wärme getrocknet (wobei er keinen Ammoniakgeruch aushauchte) und nun durch Reiben zwischen Lagen von Fliefspapier getrocknet. So getrocknet und gepulvert, hatte er noch dieselbe Farbe, keinen Metallglanz, ein spec. Gewicht =4,6, leitete Elektricität und verhielt sich gegen Säure genau wie metallisches Zink; allein das von ihm in verdünnter Schwefelsäure entwickelte Wasserstoffgas war mit etwas Stickgas gemengt, und, wenn diese Lösung mit Aetzkali übersättigt ward, entwickelte sie keinen Ammoniakgeruch.

Fünf Gran der wohlgetrockneten Substanz wurden in eine enge, retortenförmig gekrümmte Röhre gebracht und durch eine Weingeistlampe bis zur Rothgluth erhitzt. Sie gaben ein permanentes Gas, welches bei dem ersten Versuch über frisch ausgekochtem Quecksilber, bei den späteren aber, als kein Ammoniak darin entdeckt

werden konnte, über Wasser aufgefangen wurde. Folgendes ist das Resultat von vier Versuchen, bei denen die Luft in der Röhre zuerst durch Erhitzen einer von der Substanz entfernten Stelle verdünnt und theilweise ausgetrieben wurde. Fünf Gran gaben:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,7	0,75	0,76	0,72	0,73.

Diefs Gas wurde durch Verpuffung untersucht in einem Eudiometer, welcher in sofern von denen Volta's und Henry's abwich, dafs es versehen war mit einer Schnur (*Loop*) von Platindraht, die nach Belieben durch einen schwachen Volta'schen Strom zum Glühen gebracht werden konnte. Diefs Eudiometer hat manche Vorzüge; doch würde hier nicht der Ort seyn, mich darüber auszulassen. Das aus der Zink-Verbindung getriebene Gas mit ein Achtel Sauerstoff vermischt und verpufft, hinterliefs fünf Achtel, und der Rückstand erlitt durch Sauerstoff oder Wasserstoff keine weitere Verminderung, sondern zeigte all die negativen Eigenschaften von reinem Stickgas. Aus mehren Untersuchungen successiver Portionen ergab sich, dafs das Gas ein Drittel bis ein Viertel Wasserstoff enthielt, und die letzte oder die in der Retorte zurückgebliebene Portion hinterliefs bei Verpuffung mit Sauerstoff einen sehr geringen Rückstand. Da die zuletzt entwickelten Portionen einen gröfseren Antheil Wasserstoff enthielten als die ersten, so erhellt, dafs das Stickstoff bei einer niedrigeren Temperatur als der Wasserstoff entbunden ward. Der Rückstand in der Retorte war an Farbe unverändert, hatte aber sein Volum verringert, und an der Biegung der Röhre safs etwas Thau.

Kadmium wurde demselben Procefs als das Zink unterworfen; seine Elektrolyse wich jedoch von der des Zinks etwas ab. Bei dem letzteren Metall war die Lösung während der ganzen Zeit vollkommen klar, ohne

dafs sich ein Niederschlag bildete. Beim Kadmium aber wurde, nach kurzer Zeit, das wasserhaltige Oxyd durch das an der Kathode gebildete Ammoniak gefällt; doch wurden die der Kathode benachbarten Antheile des Niederschlags durch den Ueberschufs des Ammoniaks wieder gelöst und durch den Volta'schen Strom wieder reducirt. Der Schwamm vergröfserte sich rasch, zusehends, war sehr dunkel bleigrau, in's Schwarze neigend und sehr dem Quecksilber-Ammoniak-Amalgam ähnlich. Er besafs nicht das halb-krystallinische Ansehen des Zinkschwamms, wohl aber, wenn er zwischen Glas geprefst worden, einen Bleiglanz und sehr das Ansehen eines Amalgams. In der Flüssigkeit gelassen, zog es sich zusammen und nahm eine hellere Farbe an, wahrscheinlich von der Reaction gelösten Chlors. Die zu untersuchenden Portionen wurden deshalb sogleich herausgenommen und in destillirtes Wasser gebracht. Das spec. Gewicht war =4,8, und auf dieselbe Weise wie das Zink-Product untersucht, gaben vier Versuche an permanentem Gase:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,25	0,18	0,20	0,20	0,207.

Bei Untersuchung zeigte sich dieses Gas jedoch frei von Wasserstoffgas. Der Rückstand in der Retorte war gelblichgrün und mit Kügelchen von destillirtem Kadmium gemischt.

Kupfer, eben so elektrolysirt, gab eine hellblaue klare Lösung, in welcher, an der Kathode, ein schön purpurfarbenes oder vielmehr chocoladebraunes Gerinsel entstand. Diefs schwamm oft, aber nicht immer, auf der Flüssigkeit. Sein spec. Gewicht war =5,9. Fünf Gran erhitzt, gaben an permanentem Gase:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,13	0,10	0,09	0,11	0,107.

Auch dieses Gas enthielt kein Wasserstoffgas, sondern bestand ganz aus Stickstoff. Der Rückstand in der Retorte war aus dem Chocoladefarbenen in Roth übergegangen, und besafs alle Eigenschaften von reinem Kupfer.

Ich versuchte nun Nickel und Silber mit salpetersaurem Ammoniak und Gold mit salzsaurem Ammoniak. Mit Nickel bildete sich eine sehr geringe, nicht zur Analyse hinreichende Menge der schwammförmigen Masse; und beim Silber hielt mich das Gefahrvolle des ammoniakalischen Niederschlags ab, denselben zu sammeln. Um eine ähnliche Verbindung von Gold zu erhalten, mischte ich dessen Chlorid mit einer Salmiaklösung und elektrolysirte sie mittelst Platin-Elektroden, getrennt durch eine Scheidewand von Pfeifenthon, um die Reaction des Chlors abzuhalten. Es bildete sich ein schwarzer Niederschlag, der nicht obenauf schwamm und wenig Zusammenhalt besafs. Sein spec. Gewicht war 10,3, und fünf Gran gaben 0,05 Kubikzoll Gas, dessen Natur ich wegen der geringen Menge nicht genau ermitteln konnte, das aber Stickgas zu seyn schien. Auch bildete ich Amalgama durch Anwendung von Quecksilber an der Kathode, mit Zink u. s. w. an der Anode. Das Quecksilber hielt aber, selbst legirt, die Gase nicht zurück, und das Amalgam lieferte von ihnen nicht mehr, als das starre geliefert haben würde.

Bei Bildung dieser Substanz mufs man den Procefs beständig unterbrechen; denn, wenn z. B. die Lösung des Metalls in Ueberschufs kommt gegen die des Ammoniaksalzes, wird das Metall allein reducirt. Diefs bemerkt man leicht beim Kupfer an den Farbenunterschied. Auf einer gewissen Stufe des Processes wird das chocoladenfarbene Gerinsel mit dendritischen Fasern von reinem Kupfer durchwirkt, und die Gränzlinie ist deutlich sichtbar. In den Zink- und Kadmium-Verbindungen ist dieser Vorgang nicht so sichtbar; bei einiger Uebung

erkennt man indeſs den Unterschied leicht, indem das reine Metall heller grau ist, und statt des amorphen schwammförmigen, ein arborescirendes Ansehen annimmt. Gemeiniglich beginnt dieſs, wegen des gröſseren specifischen Gewichts der Metall-Lösung, an dem unteren Theil. Hat diese Reduction zu reinem Metall einmal begonnen, so fährt sie fort, und um das Nitroguret wieder zu bilden, muſs man die Lösung erneuen und den Proceſs abermals anfangen.

In allen diesen Verbindungen bleibt die Menge des Stickstoffs weit unter dem aequivalenten Verhältniſs, und häufig bemerkt man in dem Schwamm Farbenabstufungen, und findet dann eine geringere Menge Stickstoff in der Verbindung. Diese Abstufungen sind etwas schroff, so daſs die Masse wie geschichtet aussieht, gleich aufgerolltem Thon von verschiedener Farbe. Die Mittelwerthe, welche ich gab, stammen von Portionen von tiefster Farbe her. Eine Verstärkung der Kraft (der Säule) vertieft die Farbe nicht über einen gewissen Punkt, ob aber bei sehr starker Kraft sich mehr Stickstoff mit den Metallen verbinde, habe ich noch nicht zu untersuchen Gelegenheit gehabt.

Von der Kadmium-Verbindung erwartete ich, wegen ihres specifischen Gewichts, eine gröſsere Menge Stickstoff, und wegen der gelben Farbe des Rückstands glaubte ich, daſs ein Theil dieses Elements nebst wahrscheinlich Wasserstoff eine neue Verbindung bilde, ähnlich der von Humphry Davy untersuchten aus Ammoniak und Kalium. Dieſs zu ermitteln würde indeſs eine Untersuchung erfordern, die diesem Aufsatze fremd ist. Eine andere, schwer zu lösende Frage ist: ob der aus der Zink-Verbindung getriebene Wasserstoff mit ihr verbunden war, oder aus der Reaction des Zinks auf verbundenes Wasser entsprang. Ich neige dahin, das letztere zu glauben, sehe aber keine Mittel dasselbe zu beweisen, da derselbe Hitzgrad, welcher das Wasser aus-

triebe, auch die Substanz zersetzen würde. Obgleich ich keine Aussicht hatte, eine starre Verbindung (das theoretische Ammonium) darzustellen, so vernachlässigte ich doch nicht, einen Versuch zu machen. Ich destillirte etwas von der Zinkverbindung in Naphthadämpfen, erhielt aber nur gasige Producte. Bemerkenswerth ist, dafs die Stickstoffmengen, welche sich bei diesen Versuchen mit den Metallen verbinden, in Verhältnifs stehen mit deren Verwandtschaft zum Sauerstoff, und es kann diefs vielleicht als ein Grund mehr zu den schon ausgesprochenen betrachtet werden, dafs der Stickstoff ein Oxyd ist.

Die grofse Aehnlichkeit in der Beschaffenheit und Bildungsweise zwischen diesen Verbindungen und dem ammoniakalischen Amalgam ist, wenigstens für mich, ein genügender Beweis von der Aehnlichkeit in der Zusammensetzung beider. Berzelius hält es für ein Amalgam aus Quecksilber und Ammonium. Gay-Lussac und Thénard glauben, es sey eine Verbindung von Stickstoff, Wasserstoff, Ammoniak und Quecksilber. Daniell hat, unterstützt von einigen Versuchen, die Meinung ausgesprochen, es sey keine chemische Verbindung, sondern ein blofses adhäsives Gemenge, das Quecksilber darin wie eine Seifenblase aufgeblasen. Wenn die obigen Versuche mich zu einer Meinung berechtigen, ohne vermessen zu scheinen, so würde ich sagen: es sey sicherlich eine chemische Verbindung, wahrscheinlich von Quecksilber und Stickstoff, aufgetrieben durch Wasserstoff, und, weil es immer feucht ist und deshalb einen guten Theil Ammoniak enthält, dafs seine Unbeständigkeit allein von der Beweglichkeit des Quecksilbers herrührt. Denn stellt man es quatuor pedibus mit den anderen Metallen gleich, d. h. solidificirt man es, so ist die Verbindung vollkommen stät; versetzt man die analogen Verbindungen der übrigen Metalle in den Zustand des Quecksilbers, d. h. schmilzt oder erhitzt man sie, so hören sie auf beständig zu seyn. Was die Hypo-

these vom Ammonium betrifft, so fragt es sich: Haben wir ein Recht, das Daseyn eines Metalls vorauszusetzen, weil das Nitroguret oder Ammoniuret von Quecksilber eine physikalische Aehnlichkeit mit einem Amalgam besitzt; könnten wir nicht, nach demselben Princip, viele andere Elemente annehmen? Als eine theoretische Frage kann sie nicht schaden; allein als ein angenommener Satz, glaube ich, kann sie irre führen.

Eine andere Klasse von Thatsachen, die durch die obigen Versuche erklärt wird, ist die, welche sich, bei Zersetzung des Ammoniaks, durch Hinüberleiten desselben über glühende Metalle zeigt, und zuerst, glaube ich, von Berthollet beobachtet worden ist, da er fand, dafs Eisen, diesem Procefs unterworfen, brüchig wird, ohne sein Gewicht zu verändern. Bei ähnlichen Versuchen mit Eisen, Kupfer, Silber, Gold und Platin konnte Thénard keine Gewichtszunahme über $\frac{1}{500}$ entdecken. Savart beobachtete eine Zunahme von $\frac{1}{300}$. Despretz, obwohl er bei seinen ersten Versuchen keine gröfsere Zunahme als Savart beobachten konnte, fand doch später, dafs das Eisen, und nur das Eisen, 11 Procent an Gewicht zunehme. Er giebt keinen Grund an, von dem anfänglichen Mifslingen und dem späteren Erfolge [1]).

Diese nicht ganz übereinstimmenden Resultate erhalten durch meine Versuche eine leichte Erklärung, die jedoch Ampère zuerst theoretisch aufstellte, dafs nämlich beim Hinüberleiten von Ammoniak über glühende Metalle sich Nitrogurete bilden und sogleich wieder zersetzen, und solchergestalt die physische Beschaffenheit der Metalle verändert werde, ohne merkliche Gewichtszunahme oder chemische Veränderung.

Bevor ich meinen Aufsatz schliefse, mufs ich noch einer Stelle in einer von Daniell's Abhandlungen anführen, welche, zufolge einer nach Beendigung meiner Versuche gehaltenen Nachlese, die einzige ist, die mit ihnen in Beziehung steht. Nach Anführung einiger Re-

1) Ann. Bd. XVII S. 296; auch Bd. XXXXII S. 164.

sultate mit seiner constanten Batterie, die mit Salmiak an der Zinkseite, und mit schwefelsaurem Kupfer an der Kupferseite der Scheidewand geladen war, machte er folgende Bemerkung:

»Es waren keine Anzeigen von freiem Ammoniak in der inneren Zelle da; das gefällte Kupfer zeigte jedoch nicht seine gewöhnliche schöne helle rothe (*pink*) Farbe, sondern sah matt, graulich, erdig aus, wie Kupfer, über welches Ammoniakgas bei Rothgluth gestrichen ist, und wahrscheinlich enthielt es etwas Stickstoff gebunden. Ich hatte jedoch nicht Zeit eine Verbindung zu prüfen, die einer ferneren Untersuchung werth ist.«

Alle von mir dargestellten Kupfer-Nitrogurete hatten eine Chocoladenfarbe, und die nächste Substanz mit der ich sie vergleichen könnte, ist das geronnene Blut. Die von Daniell bemerkte grauliche Farbe rührte wahrscheinlich davon her, dafs etwas Zink mit dem Kupfer gefällt wurde, oder es brachte auch die Temperatur (124° F.) bei der derselbe arbeitete, einige Verschiedenheit zu Wege. Mit Ausnahme der obigen Stelle habe ich keine früheren Versuche auffinden können, und halte mich demnach berechtigt, sie, meines Wissens, für neu auszugeben.

Zusatz. Zur Vervollständigung der vorstehenden Untersuchung sey hier bemerkt, dafs, etwa gleichzeitig mit derselben, verschiedene Nitrogurete oder Stickstoffmetalle auf rein chemischem Wege dargestellt sind; nämlich *Stickstoff-Kupfer* und *Stickstoff-Chrom* von Schrötter [1]), und *Stickstoff-Quecksilber*, welches Mitscherlich schon früher in Verbindung mit *Quecksilberchlorid* erhalten hatte [2]), von Plantamour [3]).

1) Ann. d. Pharm. Bd. XXXVII S. 129.

2) Annal. Bd. XXXXIX S. 408.

3) *Bibl. univers. N S. T. XXXII p.* 339.

Das *Stickstoff-Kupfer* bildet sich, wenn Ammoniakgas über Kupferoxyd geleitet wird, bei einer Temperatur von 250° C.; bei geringerer Hitze wird nur etwas Ammoniak zersetzt, das Kupferoxyd aber nicht merkbar verändert (wie schon Berzelius fand) [1]), bei stärkerer dagegen das Oxyd zu Kupfer reducirt. Am besten bildet es sich mit einem auf nassem Wege bereiteten Oxyd (aus salpetersaurem Kupferoxyd mit Aetzkali gefällt), auch mit dem Oxydhydrat und Carbonat, doch haben letztere Präparate keine Vorzüge, und die Erhitzung mufs sehr langsam gesteigert werden, da sonst eine tumultuarische Reaction eintritt, bei welcher das gebildete Stickstoffmetall wieder zersetzt wird. Immer hält es jedoch schwer das Nitroguret ganz frei von Oxyd zu erhalten, und immer geht die Operation sehr langsam von statten (zur Bildung von 20 Grm. waren 120 Stunden erforderlich), da das erzeugte Stickstoffmetall das darunter liegende Oxyd vor der Einwirkung des Ammoniaks schützt, weshalb man das Oxyd alle zwei bis drei Stunden wohl durchschütteln, oder besser, herausnehmen und zerreiben mufs [2]).

Das Stickstoff-Kupfer ist ein ziemlich schwarzes (bei Beimengung von Oxyd, grünes), lockeres Pulver, das, bei 300° C., unter Entbindung eines schön rothen Lichtes, zerfällt, in Kupfer und Stickstoff, dem Stickstoffoxyd beigemengt ist, wenn es Kupferoxyd enthielt. Von Säuren wird es zerlegt, von Schwefelsäure z. B., in Stickgas, das entweicht, und Kupfer, das metallisch zurückbleibt. Trocknes Chlorwasserstoffgas bildet mit ihm Kupferchlorid und Chlorammonium, Chlorgas giebt dieselben Producte und aufserdem Stickgas.

Die Analyse des Stickstoffkupfers war mit Schwie-

1) Jahresbericht, No, IX S. 131.

2) Vielleicht wäre zur Auflockerung des Oxyds, eine Beimengung von Sand oder Glaspulver zweckmäfsig. *P.*

rigkeiten verknüpft. Sie geschah in einer Verbrennungsröhre, die hinten kohlensaures Bleioxyd, dann das mit Glaspulver innig gemengte Nitroguret und vorn metallisches Kupfer enthielt. Es ergab sich hiebei immer ein kleiner Wasserstoffgehalt, etwa 0,11 Proc., offenbar von beigemengtem Ammoniak. Der Kupfergehalt wurde durch Auflösung des Stickstoffmetalls in Salpetersäure, durch Abdampfen und Erhitzen des Nitrats bestimmt. Den gefundenen Wasserstoff als Ammoniak in Rechnung gebracht, ergab sich dann das Stickstoff-Kupfer als zusammengesetzt aus drei Atomen Kupfer und einem Atome Stickstoff $= NCu_3$.

Das *Stickstoff-Chrom* entsteht, wenn Chromchlorid (Cr_2Cl_6) in Ammoniakgas erhitzt wird, als ein schwarzer glanzloser Körper [1]), der sich, in Sauerstoff erhitzt, bei 150° bis 200° C. mit schön rothem Licht entzündet, und, unter Entwicklung von Stickgas, in Oxyd verwandelt. Auf diese Weise ergab sich für seine Zusammensetzung die Formel Cr_2N_5.

Das *Stickstoff-Quecksilber* bekommt man, wenn man trocknes Ammoniakgas erstlich bei gewöhnlicher Temperatur über Quecksilberoxyd hinstreichen läfst, bis dieses in wasserfreies Quecksilberoxyd-Ammoniak verwandelt ist, und dann letzteren Körper im Oelbade langsam bis 150° C. erhitzt, und so lange in dieser Temperatur erhält, als sich noch Wasser entwickelt. Man hat dann einen braunen Körper, der, nach Mengung mit Kupferoxyd und Trocknen bei 100° C., bei stärkerer Erhitzung Stickgas und metallisches Quecksilber, aber keine merklichen Spuren von Wasser giebt, folglich kein Quecksilberoxyd-Amid, sondern Stickstoff-Quecksilber ist. Beim Erhitzen oder Reiben und Schlagen verpufft dieser Körper mit Heftigkeit unter Lichtentwicklung; es ist also ein gefährlicher Körper, doch in minderem Grade als der Jodstickstoff. Analysirt wurde derselbe bisher noch nicht, doch glaubt Plantamour annehmen zu dürfen, dafs er die von Mitscherlich angegebene Zusammensetzung Hg_3N_2 besitze.

1) Früher für metallisches Chrom gehalten (Ann. Bd. XXI S. 359).

X. *Ueber ein besonderes Verhalten des bromsauren Kalis; von J. Fritzsche.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Als ich bereits vor längerer Zeit bromsaures Kali in der Absicht erhitzte, sein Verhalten beim Schmelzen mit dem des chlorsauren zu vergleichen, beobachtete ich ein lebhaftes Verknistern des angewendeten Salzes. Ich fand bald, dafs diese Erscheinung nicht durch Decrepitationswasser allein bedingt war, und indem ich nun Versuche zur Ausmittlung ihrer Ursache anstellte, gelangte ich zu den hier mitzutheilenden Resultaten.

Das bromsaure Kali, an welchem ich das Verknistern zuerst beobachtete, war aus einer kalt gesättigten Auflösung durch freiwilliges Verdampfen bei der gewöhnlichen Temperatur im Winter in einem Zimmer erhalten. Es zeigte sich ein so heftiges Verknistern, dafs bei dem ersten oben genannten Versuche, welchen ich in einer engen, etwa einen Zoll hoch mit dem Salze angefüllten Glasröhre vornahm, eine kleine Explosion entstand, durch welche ein grofser Theil des Salzes mit einem kleinen Knalle aus dem Gefäfse geschleudert wurde. Bei vorsichtigerem, allmäligem Erhitzen ergab sich, dafs anfangs, zwischen 100° und 150°, eine kleine Menge Wasser ausgetrieben wurde, unter Decrepitations-Erscheinungen, welche jedoch bei weitem nicht so heftig waren, als diejenigen, welche erst dann begannen, als ein in das erhitzte Salz gehaltenes Thermometer 260° bis 280° zeigte; es zersprangen bei dieser letzteren Temperatur die Krystalle unter lebhaftem Geräusche, und wurden dabei mit grofser Kraft gegen die Wände des Gefäfses geschleudert, wo sie nicht selten einen kleinen Ring oder Stern eines sehr zarten Pulvers zurückliefsen. Als bei fortgesetztem Erhalten auf dieser Temperatur kein weiteres

Verknistern mehr stattfand, war der gröfste Theil des Salzes in ein Pulver verwandelt, welchem nur noch einzelne gröfsere Bruchstücke von Krystallen beigemengt waren; dabei hatte das vorher farblose Salz nicht selten eine gelbliche Farbe angenommen, welche es längere Zeit hindurch behielt, von welcher ich es jedoch unentschieden lassen mufs, ob sie von anhängender organischer Substanz herrührte, oder dem verknisterten Salze eigenthümlich angehörte.

Die mikroskopische Untersuchung des erhaltenen Pulvers zeigte mir dasselbe aus formlosen Bruchstücken bestehend, welche keinesweges ebene Flächen hatten, sondern im Gegentheile auf ihrer Oberfläche wie zerfressen aussahen, und auch bis in ihr Inneres vielfach zerklüftet zu seyn schienen. Wenn sie vor dem Verknistern durchsichtig waren, so waren sie nach demselben um so undurchsichtiger, je vollständiger sie der erhöhten Temperatur ausgesetzt gewesen waren, und bei manchen Stükken sah man deutlich, wie das eine Ende in seiner Textur verändert war, während das andere noch seine ursprüngliche Klarheit und Durchsichtigkeit beibehalten hatte.

Als ich nun so beschaffenes verknistertes bromsaures Kali auf dem Objectträger des Mikroskops mit Wasser befeuchtete und durch das Mikroskop (bei 200maliger Linearvergröfserung) betrachtete, gewahrte ich ein interessantes Phänomen, welches meine Vermuthung, dafs mit dem Salze eine moleculare Veränderung vorgegangen seyn müsse, vollkommen rechtfertigte. Jedes Stäubchen des verknisterten Salzes nämlich zeigte eine heftige Gasentwicklung, welche von allen Theilen seiner Oberfläche ausging, und vollkommen so sich ausnahm, als ob aus kohlensaurem Kalke in verdünnter Salzsäure Kohlensäure entwickelt würde. Noch ehe alles Salz verschwunden war, hörte die Gasentwicklung auf, begann jedoch von Neuem wieder mit gleicher Heftigkeit, als

wieder frisches Wasser zugesetzt wurde, und weitere Versuche darüber ergaben, dafs eine gesättigte Lösung des Salzes, welche sich bei solchen mikroskopischen Versuchen bald bildet, der Gasentwicklung gerade dadurch eine Gränze setzt, dafs sie nichts mehr von dem Salze auflösen kann, dafs folglich die Gasentwicklung nur in Folge der Auflösung erfolgt.

Das sich entwickelnde Gas war Sauerstoffgas.

Aus diesen Versuchen erhellt nun zwar schon hinreichend, dafs die Gasentwicklung nicht etwa durch mechanisch eingeschlossene und beim Auflösen freiwerdende Luft hervorgebracht wird; man kann sich jedoch auch noch direct überzeugen, dafs die atmosphärische Luft dabei gänzlich aufser dem Spiele ist. Legt man nämlich eine kleine Menge des verknisterten Salzes zwischen zwei Glasplatten in Alkohol, durch welchen die Gasentwicklung nicht hervorgerufen wird, und entfernt auf diese Weise alle mechanisch anhängende atmosphärische Luft, so erkennt man dann bei der mikroskopischen Betrachtung, dafs das Salz keine, oder wenigstens nur eine im Verhältnisse zur Gasentwicklung sehr unbedeutende Menge atmosphärischer Luft eingeschlossen enthalten kann. Giebt man aber nun den Glasplatten eine etwas geneigte Lage, und läfst den Alkohol durch ein Paar Tropfen Wasser verdrängen, so sieht man von jedem Körnchen des Salzes in dem Augenblicke die Gasentwicklung beginnen, wo es vom Wasser berührt wird. Wie lange die Gasentwicklung fortdauert, wenn man in dem eben genannten Versuche fortdauernd einen schwachen Strom Wasser zwischen den Glasplatten durchfliefsen läfst, hängt davon ab, wie vollkommen das Salz verknistert ist; die kleinen Splitter entwickeln gewöhnlich so lange Gas, als noch etwas von ihnen sichtbar ist, während von den gröfseren nicht selten ein durchsichtiger Kern zurückbleibt, welcher der Einwirkung der Hitze entgangen ist und keine Gasentwicklung mehr zeigt.

Bei den Versuchen zur Ausmittlung der Natur des sich entwickelnden Gases ergab sich zuvörderst, daſs die Menge des Gases keinesweges so groſs ist, als sie unter dem Mikroskope erscheint, oder daſs es wenigstens schwer hält, auch nur einige Kubikcentimeter des Gases zu erhalten und aufzusammeln. Dieſs rührt zum groſsen Theile daher, daſs das Gas sich in der Flüssigkeit wieder auflöst, oder wohl richtiger, daſs es von dem darin aufgelösten Salze wieder absorbirt und chemisch gebunden wird. Man kann sich davon sehr deutlich überzeugen, wenn man den Versuch zwischen zwei Glasplatten unter dem Mikroskope anstellt; namentlich wenn dann die Entwicklung durch die um das Salz gebildete Auflösung geringer zu werden anfängt, sieht man die sich entwikkelnden Bläschen ziemlich schnell sich zusammenziehen und spurlos verschwinden: eine Beobachtung, wobei um so weniger von einer mikroskopischen Täuschung die Rede seyn kann, als gerade auch die kleinsten Gasblasen in einer Flüssigkeit unter dem Mikroskope so überaus leicht zu erkennen sind. Auch die gröſseren, im Anfange sich entwickelnden Gasblasen werden zwar allmälig wieder absorbirt; allein es geschieht dieſs viel langsamer, wahrscheinlich weil sie durch die Heftigkeit der Entwicklung zu weit aus der das Salz umgebenden Sphäre von concentrirter Lösung getrieben waren.

Ich fand nun ferner, daſs die Gasentwicklung reichlicher ist, wenn man sich statt kalten Wassers des heiſsen bedient, und mit Hülfe desselben kann man sie auch dem bloſsen Auge sehr leicht so anschaulich machen, daſs man nicht nöthig hat erst zum Mikroskop seine Zuflucht zu nehmen. Man nimmt dazu ein zugeschmolzenes Glasrohr von ungefähr einem Fuſs Länge, und nachdem man darin Wasser bis nahe zum Sieden erhitzt hat, trägt man das verknisterte Salz ein. Jedes Körnchen läſst dann, während es in dem Wasser zu Boden fällt, einen Schweif von kleinen Gasblasen nach, welcher unwillkührlich an

den Feuerschweif einer Rakete erinnert, und auch, wenn man nur wenige Körnchen auf einmal einträgt, in Folge der Absorption des Gases, fast eben so schnell verschwindet als dieser erlöscht. Auch mit kaltem Wasser kann man auf diese Weise die Gasentwicklung beobachten; allein die Schweife sind dann nicht so lang und deutlich; erkennbar aber sind sie auch auf einer mit Wasser benetzten Glasplatte, wenn man dieselbe nach dem Aufstreuen des Salzes neigt, und entweder die Salzpartikeln oder die sich von ihnen entwickelnden Gasblasen von dem Strome fortführen läfst. In diesen letzteren Fällen sind jedoch die Blasen so klein, dafs man schwerlich ohne die vorher unter dem Mikroskope gemachte Beobachtung durch sie auf die Gasentwicklung aufmerksam geworden seyn würde.

Eine zur Untersuchung hinreichende Menge Gas erhielt ich auf die Weise, dafs ich in ein zugeschmolzenes Glasrohr durch einen Kork einen Trichter einsetzte, und beide mit Wasser gefüllt in ein mit heifsem Wasser gefülltes Becherglas umstürzte; den Trichter seitwärts haltend, trug ich nun in das Wasser das verknisterte Salz ein, und hielt dann schnell den Trichter über die Stelle, aus welcher die Gasblasen in die Höhe stiegen, wodurch sie sich in dem Glasrohre ansammelten. Man mufs dabei eine gröfsere Menge Salz auf einmal eintragen, und erhält dann mehr Gas, als wenn man dieselbe Menge nach und nach in kleinen Portionen einträgt; auch auf diese Weise aber erhielt ich aus mehr als einer halben Unze Salz nur 3 bis 4 Kubikcentimeter Gas, welche jedoch hinreichten, um es mit Bestimmtheit für reines Sauerstoffgas zu erkennen.

Nach der Heftigkeit der Entwicklung, wie man sie unter dem Mikroskope sieht, sollte man meinen, es müsse eine das Volumen des Salzes mehrfach übersteigende Menge Gas entwickelt werden; allein es ist mir nicht gelungen, in der Wirklichkeit so viel zu erhalten; ich

habe jedoch diesen Punkt, sobald ich die Natur des Gases erkannt hatte, nicht weiter verfolgt, weil jedenfalls die sich entwickelnde Quantität keine bestimmte und constante, sondern nach der Verfahrungsart wechselnde ist, und mir daher nicht so wichtig erschien.

Es ist nun aber die Frage: was ist der Grund dieser Sauerstoffentwicklung, und was geht beim Verknistern des bromsauren Kalis oder beim Erhitzen desselben bis nahe zu seinem Schmelzpunkt damit vor? Darauf haben mir zwar Versuche keine hinreichende Antwort gegeben; allein ich glaube dennoch, dafs sich eine genügende Erklärung der mitgetheilten Erscheinungen geben läfst. Es scheint mir nämlich aus dem Ganzen klar hervorzugehen, dafs wir es hier mit einer durch die Wärme bewirkten Metamorphose zu thun haben. Das verknisterte Salz kann kein bromsaures Kali mehr seyn; denn dieses entwickelt bei seiner Auflösung in Wasser kein Sauerstoffgas. Da es nun aber, wie Versuche ausweisen, beim Verknistern auch keinen Sauerstoff abgegeben hat, so haben sich wahrscheinlich seine Sauerstoffatome getheilt, und es ist in bromigsaures und in überbromsaures Kali zerfallen. Das letztere kann wahrscheinlich in wäfsrigem Zustande nicht bestehen, es zerfällt daher beim Uebergiefsen mit Wasser in sich auflösendes bromsaures Kali und sich gasförmig entwickelnden Sauerstoff, welchen das bromigsaure Salz mit Begierde aufnimmt; auf diese Weise wird daher das bromsaure Kali sogleich wieder restituirt, bis auf den verhältnifsmäfsig sehr kleinen Theil natürlich, welcher der gasförmig weggegangenen Menge Sauerstoff entspricht, auch dieser aber wird an der Luft wieder zu bromsaurem Kali oxydirt.

In Uebereinstimmung mit dieser Erklärung ist folgender Versuch. Eine gewogene Menge des verknisterten Salzes, welche zuerst durch Erhitzen bis 107° getrocknet worden war, wurde unter den nöthigen Vorsichtsmafsregeln, um jeden Verlust zu vermeiden, ver-

knistert. 0,370 Grm. hatten dabei nur 0,005 verloren, und zwar war wenigstens ein Theil dieser Menge Wasser gewesen, welches sich deutlich durch Beschlagen der Wände zu erkennen gegeben hatte. Das gebildete Pulver wurde nun in demselben Gefäfse mit Wasser übergossen, und nach beendigter Gasentwicklung, welche nicht unbedeutend war, die erhaltene Lösung in demselben Gefäfse durch Darüberleiten trockner Luft im Wasserbade zur Trockne verdunstet. Der bei 100° getrocknete Rückstand wog 0,368 Grm., und hatte also nur 0,002 verloren, gab beim weiteren Erhitzen keinen Wassergehalt zu erkennen, und lieferte beim Schmelzen, ohne dafs es vorher verknisterte, eine dem Gehalte des bromsauren Kali entsprechende Menge Bromkalium.

Dieser Versuch beweist, dafs beim Verknistern nichts entweicht, was auf die Constitution des Salzes von Einflufs seyn könnte, und da nun ferner, wie ich mich durch Versuche hinreichend überzeugt habe, die Existenz einer niedrigeren Oxydationsstufe des Broms als die Bromsäure keinem Zweifel unterliegt [1]), auch gerade der Umstand, dafs alle Versuche, eine Ueberbromsäure hervorzubringen, gescheitert sind, ebenfalls zu Gunsten der obigen Erklärung spricht, so vereinigt sich in der That alles, um diese Erklärung wahrscheinlich zu machen. Möge sie daher so lange als die richtige gelten, bis sie durch eine andere verdrängt wird. Vielleicht sind andere bromsaure Salze mehr geeignet, positiven Aufschlufs darüber zu geben; ich habe jedoch unterlassen, sie in dieser Hin-

1) Man kann sie sich mit Kali verbunden sehr leicht verschaffen, wenn man Brom vorsichtig in kalt gehaltene Kalilösung unter fortwährendem Umrühren einträgt. So lange noch Kali vorwaltet, erhält man dann kein bromsaures Kali, sondern eine citronengelbe Flüssigkeit, welche nicht nach freiem Brom riecht, und sich kochen läfst, ohne Brom abzugeben. Alkohol verursacht darin ein starkes Aufbrausen, und benimmt ihr, durch Bildung einer flüchtigen Verbindung, Farbe und bleichendes Vermögen, verhält sich also gegen sie ganz so wie gegen Chlorkalk.

sicht zu untersuchen, weil sich, wie bekannt, ein anderer Chemiker mit dem Studium derselben beschäftigt.

Die bis hierher mitgetheilten Versuche waren alle mit einer und derselben Menge bromsauren Kalis angestellt, welche auf die oben angegebene Weise erhalten war, ohne dafs ich die näheren Umstände bei der Krystallisation berücksichtigt hatte, und diese Menge war verbraucht oder wenigstens bereits verknistert, als ich die Erfahrung machte, dafs nicht alles bromsaure Kali die Eigenschaft zu verknistern, wenigstens nicht in so hohem Grade, besitzt. Seitdem habe ich mir viele Mühe gegeben, wieder ein so stark verknisterndes Salz zu erhalten, und die deshalb zu verschiedenen Zeiten wiederholt angestellten Versuche waren es, welche mich mit der Bekanntmachung meiner Beobachtungen bis jetzt zögern liefsen. Ich vermuthete, dafs das bromsaure Kali dimorph sey, und dafs die eine Krystallform die erwähnten Eigenschaften besäfse, während sie der anderen mangelten. Allein, wie ich auch die Bedingungen beim Krystallisiren abgeändert habe, immer habe ich das Salz nur in den Formen des regulären Systems krystallisirt erhalten; ob nun das Auftreten gewisser Flächen dabei von irgend einer Wirkung ist, mufs ich den Krystallographen auszumitteln überlassen.

Es hat sich jedoch aus meinen Versuchen ergeben, dafs, um ein stark verknisterndes und leicht sich metamorphosirendes Salz zu erhalten, zwei Bedingungen unerläfslich sind, und zwar, dafs das Salz bei allmäliger freiwilliger Verdunstung krystallisire, und dafs die Auflösung kein freies Alkali enthalte. Setzt man im Gegentheile einer Auflösung von bromsaurem Kali etwas freie Säure zu (ich nahm Essigsäure oder Schwefelsäure), so erhält man beim freiwilligen Verdampfen ein in ziemlich grofsen, wasserhellen Krystallen angeschossenes Salz, welches heftig verknistert, und darauf, mit Wasser in der angegebenen Weise behandelt, reichlich Gas entwickelt.

Aus alkalischen oder heifs gesättigten Lösungen dagegen krystallisirtes, so wie ein aus einer kalt gesättigten Lösung durch starkes Erkälten niedergefallenes Salz, und ebenfalls das beim unmittelbaren Zusammenbringen von Brom mit Kalilösung erhaltene, zeigen das Verknistern in auffallend geringerem Grade. Während man bei jenem die Verknisterung in einem Kolben über der Weingeistlampe unter fortwährendem Umschütteln so weit treiben kann, dafs das Salz sich in feines Pulver verwandelt, und zwar ehe ein Theil desselben zu schmelzen anfängt, erreicht man diesen Punkt nicht mit dem unter letzteren Bedingungen erhaltenen Salze, von welchem immer ein Theil in halbgeschmolzenem Zustande an das Gefäfs anbackt, ehe das Verknistern und die damit verbundene Metamorphose gehörig eintritt. In geringerem Grade, immer aber nur mehr äufserlich, ist jedoch auch dieses Salz dann metamorphosirt, und zwar, wie es scheint, nur deshalb nicht vollkommen, weil es einer höheren Temperatur zur Metamorphose bedarf. Davon überzeugt man sich, wenn man das Verknistern in einem Bade von kochendem Quecksilber vornimmt. Grofse Krystalle des stark verknisternden Salzes zerfallen dabei allmälig in kurzer Zeit vollständig zu feinem Pulver, während kleine Krystalle des schwach verknisternden Salzes oft kaum zu gröberem Pulver zerfallen, und stets eine auffallend geringere Gasentwicklung zeigen.

Dieses verschiedene Verhalten läfst sich vielleicht ebenfalls erklären, wenn man den Umstand zu Hülfe nimmt, dafs bei der Metamorphose des stark verknisternden Salzes fast bis zuletzt noch Spuren von Wasser entweichen. Wenn bei diesem Entweichen auch nur eine mechanische Trennung stattfindet, so könnte es doch wohl seyn, dafs das aus dem Innern der Krystalle entweichende Wasser den zwar noch im Zustande der Ruhe befindlichen, aber durch die Erhitzung bereits in Spannung versetzten Atomen des Salzes, einen Anstofs zur

Umsetzung gäbe, welchen da, wo kein Wasser entweicht, erst die höhere Temperatur zu geben im Stande ist Alle Erscheinungen zusammengenommen, scheint mir diefs im hohen Grade wahrscheinlich, um so mehr, da sich dann alles hinreichend erklärt.

Ich habe nun nur nochmals zu erwähnen, dafs die beste Methode, sich ein stark verknisterndes Salz darzustellen, die ist, eine mit Essigsäure versetzte Lösung freiwillig verdampfen zu lassen. Das Verknistern geschieht am besten in einem Quecksilberbade, und geht dann bei weitem besser von statten als über freiem Feuer. Wenn ich oben 280° als die Temperatur angegeben habe, welche ein in das verknisterte Salz gehaltenes Thermometer zeigt, so versteht es sich von selbst, dafs diese nicht die richtige seyn kann, da auf diese Weise keine gehörige Berührung stattfinden kann; sie beträgt wahrscheinlich mindestens 350°. Wie weit man die Erhitzung treiben könne, ehe das Salz schmilzt, und ob es möglich sey, durch vorsichtiges Erhitzen auch das schwach verknisternde Salz vollständig zu metamorphosiren, habe ich leider wegen der Schwierigkeiten, höhere Temperaturen als die des kochenden Quecksilbers constant zu erhalten und zu messen, auszumitteln unterlassen müssen.

XI. *Untersuchung über das Uran;* *von Eugène Péligot.*

(Freier Auszug aus den *Compt. rend. T. XIII p.* 417.)

Hr. Péligot hat die interessante Entdeckung gemacht, dafs die bisher mit dem Namen *Uran* belegte Substanz noch Sauerstoff enthält, also kein Metall, sondern ein Oxyd ist, oder, wie er sich auszudrücken beliebt, ein zusammengesetztes Metall. Um das wahre Metall von

dem vermeintlichen zu unterscheiden, nennt er das erstere *Uranium*, während er für das letztere den Namen *Uran* beibehält. Schwerlich wird diese Terminologie auf die Dauer Anerkennung finden; zur einstweiligen Unterscheidung beider Körper mag sie hier aber angenommen seyn.

Den Beweis, dafs das Uran noch Sauerstoff enthält, lieferte folgender Versuch. Uranoxydul, erhalten durch Glühen seines salpetersauren Salzes, wurde mit dem halben Gewicht Kienrufs gemengt und in einer Röhre längere Zeit geglüht. Es mufste sich dadurch zu Uran reduciren, und in der That, als jetzt Wasserstoffgas über den glühenden Rückstand geleitet wurde, bildete sich kein Wasser. Hierauf wurde trocknes Chlorgas darüber geleitet, und alsbald bildete sich ein grünes krystallinisches Sublimat, während Kohlensäure und Kohlenoxyd entwichen. Das Erscheinen dieser Gase beweist den Sauerstoffgehalt des Urans, das also, wie die Thonerde, Talkerde und ähnliche Oxyde, für sich durch Kohle oder Wasserstoff nicht reducirt wird.

Das grüne Sublimat ist Uraniumchlorür. Daraus wird das Uranium erhalten, wenn man es mit seinem halben Gewichte Kalium mengt und erhitzt. Diefs kann in einem Platintiegel über der Weingeistlampe geschehen. Die Reaction ist so heftig, dafs der Tiegel in's Glühen geräth und man die Lampe entfernen mufs. Später hat man wieder zu erhitzen, um den Ueberschufs des Kaliums zu verjagen und dem Uranium mehr Cohäsion zu geben. Bei Behandlung des Rückstands mit kaltem Wasser löst sich Chlorkalium, und Uranium bleibt zurück.

So dargestellt, ist das Uranium ein schwarzes, theilweis zusammengesintertes Pulver, das da, wo es sich an den Wänden des Tiegels festgesetzt hat, Platten oder Fäden von silberähnlichem Glanze bildet, die gefeilt und gehämmert werden können. Es ist sehr verbrennlich. Trocken, auf Papier erhitzt, brennt es an der Luft mit sehr glänzendem Licht, bei einer Temperatur, bei wel-

cher das Papier noch nicht Feuer fängt. Wasser scheint es, bei gewöhnlicher Temperatur, nicht zu zersetzen. In verdünnten Säuren löst es sich mit Wasserstoffgas-Entwicklung und giebt die bisherigen Uranoxydulsalze. Mit Chlor verbindet es sich unter starker Entwicklung von Licht und Wärme zu grünem Chlorid, das sich mit großer Begier in Wasser löst. Auch mit Schwefel verbindet es sich, beim Siedpunkt des letzteren, direct, unter Lichtentwicklung.

Das Atomgewicht des Uraniums ergab sich durch Analyse des erwähnten grünen Uraniumchlorürs folgendermaßen:

Chlor	Cl_2	442,6	37,1
Uranium	U	750,0	62,9
		119,2	100,0.

also =750.

Das grüne Uraniumchlorür entspricht dem Uraniumoxydul, welches bisher als Uran betrachtet wurde. Dieses Uran oder Uraniumoxydul besteht demnach aus:

Uranium	U	750	100
Sauerstoff	O	100	13,3

und bekomt die Formel $U_2 O_2$.

Wenn über grünes Uraniumchlorür, bei Rothgluth, Wasserstoff geleitet wird, tritt es diesem einen Theil seines Chlors ab; es bildet sich eine braune, in sehr zarten Nadeln krystallisirte Verbindung, die mit Wasser eine purpurfarbene, bald aber grün werdende Lösung giebt. Dieß Subchlorür besteht aus:

Chlor	Cl_3	663,9	30,7
Uranium	U_2	1500,0	69,3.

Mit Wasser behandelt, giebt es ein Suboxydul, welches so begierig nach Sauerstoff ist, daß es das Wasser unter Wasserstoff-Entwicklung zersetzt, und grün, d. h. zu Uran, wird. Noch reichlicher ist die Wasserstoff-Entwicklung, wenn man die purpurfarbene Lösung des

Subchlorids mit Ammoniak versetzt. Das Wasserstoffgas entweicht brausend, während sich ein äpfelgrüner Niederschlag bildet, der dunkelbraun wird.

Das bisherige Uranoxydul, das, nach Berzelius, auf 100 Uran 3,6 Sauerstoff enthält, würde bestehen aus:

$$(U_2O_2)+O_{\frac{1}{2}}.$$

Ueberdiefs hält sich Péligot für überzeugt, dafs die bisherigen grünen Oxydulsalze nicht das Uranoxydul, sondern Uran, d. h. Uraniumoxydul enthalten. Durch Glühen an der Luft nimmt diefs Oxyd, d. h. Uran, ein Procent Sauerstoff auf, und verwandelt sich in ein dem Magneteisen ähnliches Oxyd.

Das gelbe Uranoxyd, das man bisher noch nicht zu isoliren gewufst, würde bestehen aus:

$$(U_2O_2)+O$$

und das bisherige Chlorid aus:

$$(U_2O_2)+Cl_2$$ [1]).

XII. *Ueber die specifische Wärme des Kohlenstoffs in seinen verschiedenen Zuständen; von den HH. De la Rive und Marcet.*

(*Bibl. univers. N. S. T. XXXII p.* 349.)

Unsere letzte Abhandlung über die specifischen Wärmen schlossen wir mit einem Versuch über die des Diamants [2]). Seitdem hat Hr. Regnault Untersuchungen über die specifische Wärme des Kohlenstoffs in seinen

1) Offenbar sind diese Annahmen unrichtig, da der Sauerstoff in den beiden bisher bekannten Oxydationsstufen des Urans nicht im Verhältnifs 1 : 2, sondern in dem 2 : 3 gefunden ward. Auch die Zurückführung des Urans auf das Uranium ist fehlerhaft. *P.*

2) Annal. Bd. LII S. 120,

verschiedenen Zuständen bekannt gemacht [1]); unter andern hat derselbe auch die specifische Wärme des Diamants bestimmt und sie gleich 0,14687 gefunden, während wir 0,1192 fanden. Diesen ziemlich beträchtlichen Unterschied zwischen seinem und unserem Resultate sind wir geneigt weniger der Verschiedenheit der Methoden, als der unvollkommenen Einerleiheit der angewandten Diamanten zuzuschreiben. Wir haben äufserst zartes Diamantpulver angewandt; Hr. Regnault dagegen nahm ganze Diamanten, und es ist wahrscheinlich, dafs die gepülverten Diamanten, wegen ihrer Zwecke, von weniger schönem Wasser waren, als die, mit welchen der französische Physiker arbeitete. Diese Verschiedenheiten in der physischen Beschaffenheit und vielleicht auch in der chemischen Natur beider Diamant-Arten können, so scheint uns, den Unterschied der erhaltenen Resultate leicht erklären.

Wie dem auch sey, so hat doch Hr. Regnault, wenn er auch zu einer beträchtlicheren Zahl gelangte als wir, gezeigt, wie wir es früher gethan, dafs die specifische Wärme des Diamants viel, etwa um die Hälfte, geringer ist als die der gepülverten Kohle. Diefs wichtige Resultat beweist, dafs bei der specifischen Wärme der Körper die physische Beschaffenheit eine eben so grofse Rolle spielt als die chemische Natur. Aufser der specifischen Wärme des Diamanten hat Hr. Regnault die einiger anderen, in Bezug auf ihren Molecularzustand verschiedenen Kohlenarten, bestimmt, und für sie abweichende Zahlen gefunden.

Hr. Prof. De Saussure hat uns gebeten, die specifische Wärme einer Kohle zu bestimmen, die er bei Zersetzung des Terpenthinöls in einem rothglühenden Porcellanrohre erhalten hatte. Wir haben diese Bestimmung unternommen, und sie benutzt, um zugleich für drei andere, von Hrn. Regnault nicht untersuchte Koh-

1) Annal. Bd. LIII S. 261.

lenarten die specifische Wärme zu nehmen. Der Gegenstand dieser Notiz ist: die von uns erhaltenen Resultate kennen zu lehren.

Wir haben dabei die Erkaltungsmethode angewandt, wie sie sich in unserer letzten Abhandlung beschrieben findet. Wir haben alle erforderlichen Vorsichtsmafsregeln getroffen, um, vor jedem Versuch, die inwendig geschwärzte Kupferkugel, in deren Mitte, innerhalb einer kleinen Goldkugel, die auf ihre Erkaltungsgeschwindigkeit und demgemäfs auf ihre specifische Wärme zu untersuchende Substanz gebracht ward, mit gröfster Sorgfalt auszutrocknen. Auch haben wir diese Kupferkugel, ehe sie in schmelzendes Eis getaucht ward, sorgfältig ausgepumpt. Diese Vorsichtsmafsregeln hatten zum Zweck, dem von Hrn. Regnault erhobenen Einwurf, nämlich der Ablagerung von Feuchtigkeit auf die geschwärzte Innenwand der Kugel, zuvorzukommen. Die geringe Abweichung zwischen den Resultaten mehrer Versuche, die wir nach einander unter gleichen Umständen und mit derselben Substanz unternahmen, ist ein Beweis, dafs es gelang, uns gegen diesen Uebelstand sicher zu stellen.

Wir brachten in die Goldkugel folgeweise: Kupfer, durch Wasserstoff reducirt und äufserst feines Pulver darstellend, Kohle, von Hrn. De Saussure bereitet, Kohle von einem verkohlten jungen Pappelzweig (einem Trieb des letzten Jahres), Kohle von demselben Pappelzweig, aber stark geglüht (*trempé*), und endlich Kohle von Zukker, der mit gröfster Sorgfalt in verschlossenem Gefäfse geglüht worden. Alle diese Substanzen wurden äufserst fein gepülvert. Die stark geglühte Pappelkohle war bereitet, indem man ein Stück dieser blofs calcinirten Kohle in einem hermetisch verschlossenen Platintiegel bis zur Weifsgluth erhitzte, und dann den noch mit rothglühender Kohle gefüllten Tiegel in kaltem Wasser löschte. Man weifs, dafs diefs Verfahren die physischen Eigenschaften der Kohle auffallend modificirt, ihre Dichtigkeit

erhöht, sie zum besseren Leiter der Wärme und Elektricität macht u. s. w.

Die Resultate wurden berechnet nach der Formel:

$$c=\frac{1}{p}\left\{(MC+p'c')\frac{t}{t'}-MC\right\}.$$

Um MC zu erhalten, wägten wir die Goldkugel, so wie das Glas und Quecksilber des von dieser Kugel eingeschlossenen Theils des Thermometers, multiplicirten diese drei Gewichte respective mit der specifischen Wärme des Goldes, des Glases und des Quecksilbers, und addirten die Producte.

Gewicht der Goldkugel	3,010	Grm.
- des Quecksilbers vom Thermomet.	0,685	-
- des Glases	0,265	-

also:

$$MC=3{,}010 \,.\, 0{,}03+0{,}685 \,.\, 0{,}033+0{,}265 \,.\, 0{,}18=0{,}1606.$$

Wie schon gesagt, wurde das Kupfer als Vergleichpunkt genommen, unter Annahme seiner specifischen Wärme c' gleich 0,095. Das Gewicht p', mit welchem experimentirt wurde, war 7grm.,564, so dafs $p'c'=7{,}564 \,.\, 0{,}095=0{,}71858$.

Die Erkaltung wurde während einer Temperaturveränderung von 10 Centigraden, d. h. von 14° auf 4°, beobachtet. Drei Versuche gaben den Werth t' für *Kupfer*:

1167″ ; 1157″ ; 1162″ ; Mittel 1162″.

Nicht gelöschte Pappelkohle

$p=0$grm.,957
$t=572''$; $577''$; $574''$; Mittel 574″
also $c=0{,}2964$.

Gelöschte Pappelkohle

$p=1$grm.,310
$t=560''$; $561''$; 560 ; Mittel 560″
$c=0{,}2009$.

Kohle von Terpenthinöl

$p=2$grm.,949
$t=911''$; $914''$; $912''$; Mittel 912″
$c=0{,}1801$.

Zuckerkohle.

$p = 3^{grm.},006$
$t = 845$
$c = 0,1592$

Die vorstehenden Resultate zeigen auf eine sichtliche Weise, welchen Einfluſs der Molecularzustand der Kohle auf deren specifische Wärme ausübt. In dem Maaſse als ihre Dichte zunimmt, nimmt ihre specifische Wärme ab. Die Kohle vom Terpenthinöl erscheint schon dem Auge ganz anders als die gewöhnliche Kohle; denn sie stellt Schüppchen von fast metallischem Glanze dar. Allein den auffallendsten Unterschied zeigt die Pappelkohle im bloſs geglühten und im gelöschten Zustande. Dieser Unterschied, der darin besteht, daſs die gelöschte (*trempé*) Kohle nur etwa zwei Drittel von der specifischen Wärme der bloſs geglühten besitzt, läſst sich unmöglich auf eine Verschiedenheit der chemischen Natur zurückführen; denn beide Kohlen stammen von einem und demselben Pappelzweig. Es kann nur die Folge der Löschung (*trempé*) seyn, welche, indem sie den Molecularzustand abänderte, auch die specifische Wärme der Substanz veränderte. Es ist überdieſs merkwürdig, daſs, in Folge der Löschung (*trempé*), die specifische Wärme fast in demselben Verhältniſs abnahm, als die Dichte wuchs.

Wir wollen für jetzt nicht länger bei diesem Gegenstand verweilen, sondern nur bemerken, daſs die Unterschiede zwischen den von Regnault, von Dulong und Petit und von uns bestimmten specifischen Wärmen wohl weniger von der Verschiedenheit der angewandten Methoden herrühren möchten, als von einer Verschiedenheit des Molecularzustandes der angewandten Körper. In der That war Hr. Regnault, da er sich der Mengungsmethode bediente, genöthigt mit compacten Massen zu operiren; während Dulong und Petit, so wie wir, bei Anwendung der Erkaltungsmethode, die Körper

in einem so feinen Pulver nahmen, als wir uns nur verschaffen konnten.

XIII. *Ueber die im Wasser hervorzubringenden Töne; von Hrn.* Daniel Colladon.

(Aus den *Compt. rend. T. XIII p.* 439. Ein Schreiben an Hrn. Arago.)

Als ich, am Schlusse des Jahres 1826, meine ersten Versuche über die Erzeugung und Fortpflanzung der Töne im Wasser angestellt hatte, forderten Sie mich auf zu versuchen, ob man einen vom Boden eines Sees oder des Meeres reflectirten Ton hören könne, und im Stande sey, mittelst der verflossenen Zeit die Tiefe des Wassers zu messen.

Dieser Versuch ist im J. 1838 unternommen worden, an den Küsten der Vereinigten Staaten und auf Befehl der Admiralität, vom Herrn S. Bonnycastle, Professor an der Universität zu Virginien. Einen Abrifs von seinen Versuchen findet man im *L'Institut* (1840), *No.* 316 *p.* 25 [1]).

Die Abhandlung des Hrn. Bonnycastle enthält eine Behauptung, die mir mit den Resultaten in Widerspruch zu stehen scheint, die ich 1826 erhalten habe, und in den *Annales de chimie et de physique* von 1827, so wie in den *Mémoires de L'Institut* (*Savants étrangers*, *T. V*) ausführlich beschrieben sind [2]). Der amerikanische Professor schliefst aus seinen Versuchen, dafs *der Ton sich besser in Luft als in Wasser ver-*

1) Diese Versuche führten zu keinem Resultat, weshalb sie hier auch wohl einer näheren Auseinandersetzung nicht bedürfen. *P.*

2) Auch in den Annal. Bd. XII, S. 171 und 186.

breite, und er giebt als Gränze, bei welcher ein *Glokkenschlag* nicht mehr unter Wasser hörbar sey, die Entfernung von acht bis zehn tausend Fuſs.

Das Instrument, dessen sich Hr. Bonnycastle bediente, war offenbar sehr unvollkommen; denn bei meinen Versuchen im November 1826 konnte ich, mittelst einer Glocke von 65 Kilogrammen Gewicht, den Ton, ungeachtet des ziemlich starken Geräusches der Wellen, bis in einen Abstand von 13500 Metern verpflanzen.

Hört man nahebei den Schlag eines Hammers auf einen zum Theil in Wasser getauchten Körper, und bedient sich dazu eines solchen hydro-akustischen Apparats, wie er in *Tom. V des Savants étrangers* beschrieben und abgebildet ist [1]), so vernimmt man deutlich zwei Geräusche; das erstere, durch das Wasser anlangende, ist kürzer, und scheint weniger intensiv als das zweite, von der Luft durchgelassene. So wie man sich aber entfernt, verändert sich das Verhältniſs der beiden Intensitäten, und in einer hinlänglichen Entfernung *ist das erste, im Wasser wahrgenommene Geräusch weit intensiver als das zweite, in der Luft gehörte.* Bei fernerer Vergröſserung der Entfernung hört man noch deutlich das Geräusch im Wasser, selbst wenn es unmöglich ist, bei vollkommen ruhiger Luft und bei nächtlicher Stille, irgend einen von der Luft durchgelassenen Ton zu hören.

Schlägt man auf eine Glocke mit gleicher Kraft abwechselnd unter und über dem Wasser, so erhält man vollkommen analoge Resultate.

In der Luft hält es schwer, die Intensität der aufgefangenen Töne zu verstärken; für die vom Wasser durchgelassenen Töne aber habe ich ein Instrument beschrieben [2]), dessen verstärkende Kraft (*pouvoir grossisant*) bis zu einer noch unbekannten Gränze erhöht wer-

1) Annal. Bd. XII S. 179 und Taf. II. *b*. Fig. 9.

2) Ebendaselbst.

den kann, — wie mich neuere Versuche lehrten, weit über die früherhin erwartete. Ich besitze einen Apparat, dessen verstärkende Kraft doppelt so groſs ist als die meines früheren Apparats, und ich bin gewiſs, daſs man sie noch viel weiter treiben kann.

Ich habe einen Apparat verfertigen lassen, bestehend aus einem Uhrwerk mit einer Glocke (*timbre*) von wenigstens 1 Kilogramm Gewicht. Ein vom Uhrwerk bewegter Hammer schlägt auf die Glocke unter Antrieb einer Feder, deren Spannkraft constant ist. Ich habe mich auch einer Spieldose von kleinen Dimensionen bedient, die unter Wasser spielt, man mag sie untertauchen oder in eine kleine Taucherglocke einschlieſsen. Mit diesen beiden Instrumenten habe ich die oben erwähnten Resultate bestätigen können. Unter andern habe ich dabei gefunden, daſs die *hohen Töne* leichter unter Wasser bei groſsen Entfernungen zu hören sind.

Die aus dünnem Metallblech gebildeten, unten verschlossenen Gefäſse sind ohne Zweifel die zweckmäſsigsten hydro-akustischen Instrumente; allein schon jeder feste, zum Theil in Wasser getauchte Körper, an welchen man den Kopf legt, vermag die im Wasser fortgepflanzten Töne zum Ohre überzuführen.

Wenn ein Körper unter Wasser ertönt, erlöschen seine Vibrationen keineswegs rasch, sondern sie beharren eine ziemlich lange Zeit, selbst wenn die Dichtigkeit des schallenden Körpers und die des Wassers wenig verschieden sind. Wenn man z. B. eine dünne Glasglocke von 18 Centim. Oeffnung durch einen Schlag unter Wasser zum Tönen bringt, so kann man sich versichern, daſs die Schwingungen noch nach einer Secunde bestehen; denn wenn man die Glocke nach Ablauf dieser Zeit aus dem Wasser zieht, hört man einen sehr deutlichen Ton.

Eine groſse, ganz untergetauchte Glocke giebt beim Daraufschlagen einen Ton, der mehre Secunden anhält.

Taucht man in geringer Entfernung von der Glocke einen Stab ein, den man zugleich mit der Hand anfafst, so fühlt man eine sehr heftige Vibrationsbewegung, die sich durch das Wasser zum Stabe verpflanzt.

Gesprochenes pflanzt sich unter Wasser in einige Ferne fort; wenn aber die Person, welche spricht, sich in einer Taucherglocke befindet; so hört man nur verworrene Töne, ohne, im Abstand von einigen Metern, die Articulationen unterscheiden zu können.

Der Stofs eines Wasserfalls oder der von den Schaufeln eines Dampfschiffs von 100 und mehr Pferden erzeugt unter Wasser nur ein schwaches und verworrenes Geräusch, ein leichtes Brummen. Bei 50 Metern Abstand bewirken die Räder eines Dampfschiffs unter Wasser ein Geräusch wie das Summen einer Biene. In 1000 Metern Entfernung hört man kein deutliches Geräusch; und ich habe demnach Grund zu glauben, dafs man nur mit Unrecht behauptet hat, das Geräusch der Dampfschiffe verscheuche die Fische.

Obgleich die vom Wasser fortgepflanzten und mit meinem Apparat wahrgenommenen Töne viel kürzer sind als die von der Luft durchgelassenen, so erkennt man doch mit gröfster Leichtigkeit nicht nur den Grad der Höhe des Tons, sondern auch den Klang des tönenden Körpers, und sehr oft kann man dessen Natur errathen, bis zu einem gewissen Grad selbst seine Dimensionen, und die Art, wie er zum Tönen gebracht worden ist. Das Geräusch einer unter Wasser rasselnden Kette unterscheidet man so gut, dafs man es erkennt, wenn 4-5000 Meter entfernt, eine Barke ihren Anker lichtet. In einem Seekriege könnte diese Beobachtung einige Wichtigkeit haben.

In der erwähnten Abhandlung habe ich den schwächenden Einflufs von Scheidewänden (*tirants*) auf den durchgelassenen Ton nachgewiesen [1]). Dieser Einflufs ist nicht absolut. Wenn die Schwingungen energisch sind, pflanzt

1) Annalen, Bd. XII S. 189.

sich der Ton mit einer gewissen Intensität jenseits der festen Hindernisse fort, die er antrifft. Bei einem mit einer grofsen Glocke gemachten Versuch zählte man jeden darauf gethanenen Schlag in einem am Ufer, auf aufgeschüttetem Boden erbauten Hause, in einem Abstande von etwa 3000 Metern von der Glocke, obwohl diese durch ein Vorgebirge vom Hause getrennt war.

Es war mir erlaubt, eine 500 Kilogramm. schwere Glocke, die zu einer Kirche im Kanton Genf gehörte, auf einige Tage zu gebrauchen. Ich tauchte sie 3 Meter tief unter, an einem Ort wo die Wassertiefe 15 Meter betrug, an der Spitze von Promenthoux bei Nyon. Man schlug auf sie mit einem 10 Kilogrm. schweren eisernen Hammer, mittelst einer langen, nach oben rechtwinklich gebogenen eisernen Handhabe, durch deren Knie eine Axe ging. Dieser Hammer ward beständig durch einen einzigen Mann in Bewegung gesetzt, der damit alle zwei Secunden einen Schlag gab.

Ich hatte gehofft, eine neue Reihe von Versuchen machen zu können über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Tons im Wasser des Genfersees, der zwischen den beiden gewählten Stationen eine Temperatur von 17° C. besafs (bei meinen Versuchen im November 1826 war sie nur 8° C.). Die Leichtigkeit, mit welcher wir das Geräusch der Schläge auf die Glocke in der bedeutenden Entfernung von *fünf und dreifsig tausend Metern* hören konnten, hatte mich bewogen, diese Entfernung als Zwischenraum beider Stationen zu wählen. Hr. Müller, Hülfsastronom an der Genfer Sternwarte und Prof. der Physik zu Nyon, begleitete mich bei diesem Versuch und hörte mit mir mittelst eines zweiten Apparats. Unglücklicherweise wurden wir an den beiden einzigen Tagen, die uns zu diesen Messungen verstattet waren, durch die Heiterkeit des Himmels und den Mondschein verhindert, die Pulversignale zu sehen, die uns in den nebligen Novembernächten so wohl gelungen waren.

Wir steigerten die verbrannte Pulvermasse bis zu einem Pfunde, ohne das Licht mit der Sicherheit zu sehen, daſs wir eine Messung machen konnten.

Dieser, am 5. August zwischen Promenthoux und Grandvaux bei Cully gemachte Versuch hat jedoch bestätigt, was ich in meiner früheren Abhandlung über die Nützlichkeit dieses Verkehrsmittels aussprach. Wie ich voraussah, daſs man mittelst seiner unter Meeren und Seen auf groſse Entfernungen würde correspondiren können, und wahrscheinlich auf gröſsere als mittelst des Lichts oder mittelst des in Luft fortgepflanzten Schalls, so scheint es mir gegenwärtig erwiesen, daſs man unter günstigen Umständen und mit kräftigen, wohl berechneten Hülfsmitteln werde auf eine Entfernung von *einigen hundert tausend Metern* correspondiren können. Es ist sehr wahrscheinlich, daſs an vielen Orten die Stärke des Schalls im Meere nicht proportional dem Quadrat der Entfernung oder beinahe so abnehmen werde, weil der Schall sich in einer Wasserschicht fortpflanzt, dessen Ober- und Unterfläche fast die Gesammtheit der Schwingungen in dem Wasser zurückhalten, da diese Flächen unter sehr scharfen Winkeln von den Schwingungen getroffen werden.

Es ist vorauszusehen, daſs die Vibrationen, durch Rückprall und Anhäufung an gewissen Punkten, auf dem Boden von Buchten ein sehr intensives Geräusch werden hervorbringen können. Ueberdieſs begreift man leicht, daſs viele, diese telegraphischen Versuche erleichternde Anordnungen und künstliche Vorrichtungen möglich sind, die über kurz oder lang von maritimen Behörden werden benutzt werden [1]).

Bei 35000 Meter Entfernung hörte man jeden Schlag auf die Glocke deutlich mit meinen beiden Apparaten, von denen einer der im J. 1826 gebrauchte war. Mit

1) Die Bewegung der Wellen stört die fast vollkommene Stille, welche unter dem Wasser des Meeres herrscht, nur sehr wenig. Diese Stille begünstigt die Communicationen unter Wasser sehr.

dem andern Apparat waren die Töne anhaltender; man erkannte das Nachklingen der Glocke, und unterschied recht wohl ihren Klang (*timbre*); mit dem älteren Instrument war der Schall schwächer und kürzer [2]).

Weder Hr. Müller noch ich hörte irgend ein Echo, obwohl die Gestaltung des Sees annehmen liefs, dafs man mehre hören würde; allein Hr. Veret, ehemaliger Zögling der Ecole centrale de Paris, welcher während dieser Versuche, nur einige tausend Meter von der Glocke entfernt, auf einem Boote quer über den See fuhr, hörte, mit einem ähnlichen Apparate wie der meine, an gewissen Stellen wohl zwei intensive und sehr deutliche Echo. Meistens hört man kein anderes Echo, als einen Wiederschall (*retentissement*), veranlafst durch die vom Ufer zurückgeworfenen Wellen. Dieser Wiederschall ist sehr vernehmbar, wenn man sich jenseits der Glocke stellt, senkrecht gegen das Ufer oder nahezu.

Meine Versuche über die Möglichkeit, ein vom Boden reflectirtes Echo zu hören, sind noch nicht zahlreich genug, um zu entscheiden, ob diefs ein wirksames Mittel zur Messung der Wassertiefe abgeben könne.

1) Für solche Versuche auf grofse Entfernungen ist es zweckmäfsig, die in das Wasser hinabgelassene Glocke luftleer zu machen. Diefs geschieht, ohne dafs man sie umkehrt, sehr leicht durch Einbringung eines Hebers.

XIV. *Ueber die Ursache der Farbenverschönerung bei Umkehrung des Kopfes;* *von Sir David Brewster.*

(Aus dem *Report of the tenth Meeting of the British Association etc. Notices*, *p.* 7.)

Künstlern und Reisenden ist es längst bekannt, daſs die Farben von äuſseren Gegenständen, besonders von Landschaften, lebhafter erscheinen, wenn man sich bückt und sie zwischen den Beinen hindurch, also mit *umgekehrtem* Kopf, betrachtet. Die Farben des westlichen Himmels, und das Blau und Purpur entfernter Gebirge werden dadurch sehr verschönert. Die eben beschriebene Stellung des Kopfs ist indeſs eine sehr unbequeme; man kann aber nahezu dieselbe Wirkung hervorbringen, wenn man den Kopf so weit umkehrt, daſs man die Landschaft rückwärts unter den Schenkeln (*backwards beneath the thighs*) oder unter dem linken Arme sieht. Es ist nicht leicht, genau zu beschreiben, in welchem Grade die Farben einer Landschaft auf diese Weise erhöht werden; allein eine Idee davon kann man aus der Thatsache machen, daſs entfernte Berge, die mir, mit aufrechtem Kopf betrachtet, blaugrau (*french-gray*) erscheinen, eine glänzend blaue oder purpurne Farbe zeigen, wenn ich sie mit umgekehrten Kopf anschaue. Als ich das Bild einer Landschaft umkehrte, fand keine Farbenerhöhung statt; als ich aber die umgekehrte Landschaft mit umgekehrten Kopf betrachtete, wurden die Farben wie zuvor verschönert. Daraus folgt, daſs die Farbenverschönerung nicht von einer bloſsen Umkehrung der Gegenstände herrührt, auch nicht davon, daſs wir diese unter ungewöhnlichen Umständen sehen. Eben so wenig entspringt sie daraus, daſs

die Eindrücke auf Theile der Netzhaut fallen, die nicht an solche gewöhnt sind; denn die Farbe ist dieselbe, auf welchen Theil der Netzhaut das Bild auch fallen mag. Auch ist leicht einzusehen, dafs genau derselbe Theil der Netzhaut afficirt wird, wir mögen einen Gegenstand mit aufrechtem oder umgekehrtem oder sonst wie gestelltem Kopfe betrachten, sobald wir ihn nur direct ansehen.

Um Aufschlufs über diese Erscheinung zu erhalten, bat ich einen Freund, welcher mit jeder bisher aufgestellten Theorie unbekannt war, einige Beobachtungen über die Farbenveränderung entfernter Berge anzustellen. Er überzeugte sich dabei, dafs die Farbenverschönerung daraus entspringe, dafs das Auge, bei umgekehrter Stellung des Kopfs, vor Seitenlicht geschützt sey.

Als ich diese Meinung einer Prüfung unterwarf, fand ich, dafs der Farbenton (*tint*) nicht erhöht wird, wenn man das Auge vor Seitenlicht schützt, selbst in viel gröfserem Grade als es bei Umkehrung oder Neigung des Kopfes der Fall ist, dafs also diefs nicht die Ursache der Farbenverschönerung seyn könne.

In dieser Verlegenheit über die Ursache der fraglichen Erscheinung hatte ich Gelegenheit zu bemerken, dafs bei einem entzündeten Auge eine grofse Lichtverstärkung stattfinde. Diese Verstärkung war so grofs, dafs Gegenstände, die dem *gesunden* Auge nur wie von der Dämmerung beleuchtet erschienen, von dem *entzündeten* Auge wie in hellem Sonnenschein gesehen wurden. Bei allen Gegenständen war die Intensität der Farben erhöht, und sonach bin ich geneigt zu glauben, dafs die Farbenverschönerung, welche bei *theilweiser* oder *gänzlicher* Umkehrung des Kopfs stattfindet, daraus entspringt, dafs eine gröfsere Menge Blut in die Gefäfse des Augapfels tritt, und so ein Druck auf die Netzhaut erfolgt, welcher dieser eine erhöhte Empfindlichkeit verleiht [1]). Spä-

1) Beiläufig bemerkt, habe ich oft die Erfahrung gemacht, dafs mir, jedesmal, wenn ich im Halbdunkel huste oder niese, die Gegenstände

tere Beobachtungen haben diese Meinung bestätigt, und, obwohl ich sie nicht beweisen kann, so stehe ich doch nicht an, es als meine Ueberzeugung auszusprechen, dafs jene Farbenverschönerung keine optische, sondern eine physiologische Erscheinung sey. Wenn diefs der Fall ist, so haben wir ein Mittel, welches uns in den Stand setzt, nicht nur schwache, anderswie nicht erkennbare Farben zu unterscheiden, sondern auch kleine Gegenstände wahrzunehmen, die sonst mit unsern besten Fernröhren unsichtbar bleiben möchten.

XV. *Die Newton'schen Farbenringe und zwei neue Instrumente*; *von* E. B. Jerichau.

(*Forhandlinger ved de skandinaviske Naturforskeres andet Möde etc.* p. 234.)

Die Newton'schen Farbenringe bilden sich bekanntlich in dem dünnen Zwischenraum zwischen einem Planglase und einem ziemlich flachen Convexglase, wenn man beide Gläser dicht zusammendrückt. Um die Breite der Ringe zu messen, berechnet Newton den Abstand der Gläser an der Stelle, wo man keine Farbe sieht. Er geht aber dabei von der Voraussetzung aus, dafs die Gläser, bei Anwendung eines Drucks, in Berührung gebracht seyen, was ich unrichtig gefunden habe. Deshalb habe ich mir ein eigenes Instrument machen lassen, mittelst dessen die Gläser entweder zur Berührung gebracht oder um eine gewisse Anzahl Lichtwellen-Längen von einander entfernt werden können. Diefs Instrument nenne ich *Gyreidoskop*. Einen Abrifs davon zeigt die Fig. 5 Taf. I.

vorübergehend dunkler erscheinen. Auch diese Erscheinung möchte wohl am natürlichsten von einem Druck des Bluts auf die Netzhaut abzuleiten seyn. *P.*

Der mit *abcd* bezeichnete Theil ist von Messing; *ee* ist ein Stahlstab, welcher auf der abgeschliffenen Bahn *e'e'* um einige Linien vor und zurückgeschoben werden kann, und zwar mittelst der Schraube *f*, welche ihn fortführt, und mittelst der Feder *g*, die gegen den durch *ab* gehenden Bolzen drückt, und so den Stahlstab zurückschiebt, wenn die Schraube in entgegengesetzter Richtung gedreht wird. Von *h* zu der Krampe *i* geht eine Feder, die mittelst Schrauben auf zwei Frictionsrollen drückt, welche den Stab in genaue Berührung mit seiner Bahn halten. Das convexe Glas ist auf dem Stahlstabe befestigt und folgt dessen Bewegung. Das Planglas *mn* ruht auf der Fläche *a*, und ist daselbst so gerichtet, dafs seine Ebene einen sehr spitzen Winkel, mit der Bahn *e'e'* macht, der Abstand von dieser also bei *n* gröfser ist als bei *m*. Eine rechtwinklich gebogene Platte *oo* ist an *a* festgeschroben und hält das Planglas in seiner Lage. In Folge dieser Stellung des Planglases wird der Abstand zwischen ihm und dem Convexglase kleiner, wenn man den Stahlstab fortschiebt, und zuletzt berühren sie einander. Es läfst sich berechnen, um wie viel der Abstand der Gläser für jeden Schraubenumgang verändert wird, wenn die Neigung der Ebene des Planglases gegen die Ebene *e'e'* bekannt ist, und diese findet man durch Spieglung eines kleinen Gegenstands in beiden Ebenen.

Um die Farbenringe vergröfsert und deutlich sehen zu können, ist das Gyreidoskop mit einem Mikroskop versehen, so wie mit einem Schirm, der die Lichtstrahlen ausschliefst, welche nicht Theil nehmen an der Farbenbildung.

Nach den mit diesem Instrument gemachten Beobachtungen erfordern Newton's Untersuchungen über die Farbenringe mehre Berichtigungen, welche nothwendig sind, ehe man aus einer Farbe auf den Abstand der Glä-

ser schliefsen und diesen Abstand zur Messung kleiner Gröfsen anwenden kann.

Bei dem homogenen Licht, welches die Flamme einer Weingeistlampe mit gesalzenem Dochte liefert, sieht man abwechselnd dunkle und helle Ringe von der Farbe des Lichts; die hellen sind vier Mal breiter als die dunkeln, und der Uebergang ist ziemlich plötzlich. Läfst man, durch das Zurückdrehen der Schraube f, einen Ring nach dem andern verschwinden, so kann man über 200 noch sehr wohl mit blofsem Auge unterscheidbare Ringe zählen; mit dem Mikroskop sieht man aber nur eine geringere Anzahl, da dieses die dunkeln Ringe zunehmend heller zeigt.

Newton liefs die hellen und dunklen Ringe fast gleich breit seyn, und diefs entspricht auch seiner Theorie; unsere Beobachtungen stimmen aber besser mit der Interferenztheorie. Eben so nahm er an, dafs das dunkle Scheibchen, welches man in der Mitte der Ringe sieht, wenn die Gläser fast in Berührung stehen, von gleichen Ursprung sey wie die dunklen Ringe bei homogenem Licht. Diefs ist nicht der Fall. Es erklärt sich besser dadurch, dafs der Abstand der Gläser so klein ist, dafs entweder wegen des geringen Längenunterschiedes der Strahlen keine merkliche Interferenz zu Stande kommen kann, oder dafs der Aether zwischen den Gläsern, vermöge deren geringen Abstand, in denselben oder fast denselben Zustand kommt, den er in den Gläsern besitzt. Aus beiden Hypothesen folgt, dafs das Licht unverändert durchgeht, so weit der erste helle Ring nicht angefangen hat sich zu bilden, und dafs aus diesem Grunde die Mitte des Ringbildes dunkel erscheint, wie ein Loch in der Belegung eines Spiegels. Ein weifser Metallspiegel zeigt deshalb ein Scheibchen von unverändertem Licht, welches nicht an einem dunklen, sondern an dem ersten hellen Ring gränzt; und die Seifenblasen zeigen, dafs das dunkle Scheibchen nicht allmälig, sondern plötzlich in Licht über-

geht, mit einer scharfen Gränze, die innerhalb des hellen Ringes liegt. Das dunkle Scheibchen erweitert sich nicht, wenn man es schräg betrachtet.

Es giebt verschiedene Erscheinungen, welche zu zeigen scheinen, dafs der scharfe Uebergang aus Licht in Dunkelheit oder aus Interferenz in Nicht-Interferenz einigen Theil hat an der Zusammenhaltskraft der Körper, welcher bei diesen Abstand plötzlich vergröfsert zu werden scheint; aber bei einem geringeren Abstand tritt eine überwiegende Abstofsung ein. Man kann die Gläser zwar bis zur Berührung aneinanderdrücken, aber dann wird die dunkle Scheibe so grofs, dafs an dem Rande ein dunkler Ring und der innere Theil eine helle Scheibe ist, und die Gläser sind einander um fast ein Viertel einer Lichtwellenlänge mehr genähert als Newton den Abstand für Null ansah. Sein Satz: dafs die Durchmesser der dunkelsten Ringe sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den geraden Zahlen 0, 2, 4, 6, ... und die Durchmesser der hellsten Ringe wie die Quadratwurzeln aus den ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, ... ist deshalb nur richtig, wenn der kleinste Abstand der Gläser eine Viertel-Lichtwelle beträgt; wenn aber die Gläser in Berührung sind, müssen die Ausdrücke der geraden und ungeraden Zahl vertauscht werden.

Da dieser Irrthum bisher unbekannt blieb, so hat man in der Optik die Beobachtungen und Berechnungen über die Farbenringe der Annahme anzupassen gesucht, dafs Newton's Gläser in Berührung stehen, dafs die reflectirten Ringe mit Dunkel beginnen und dafs die durchgehenden Farben complementar zu den zurückgeworfenen sind, hat also Resultate erhalten, die zum Theil der Gegensatz von der Wirklichkeit sind, zumal, nach Young's Lehre, eine halbe Lichtwelle verloren geht. Man hat nicht bedacht, dafs eine schwarze Verbindung der Farben nach der Interferenzlehre nicht bestehen kann.

Durch folgende Construction kann man sich folglich

eine richtige Vorstellung von der Zusammensetzung des Farbenbildes im Tageslicht machen. In einem Kreise, dessen zwei auf einander winkelrechte Durchmesser wir *ac* und *bd* nennen wollen, denke man sich die Farben sich bewegend in Richtung *abcd* mit einer Geschwindigkeit, die der Wellenbreite proportional ist. In *a* hat die Farbe ihr Maximum, in *c* das Minimum von Licht. Die glanzvollste Weiſse, bei der die Farbengläser zurückgeworfenes Licht bilden, hat man, wenn der Abstand der Gläser eine halbe Wellenbreite von der hellsten Farbe im prismatischen Bilde ist, da in diesem Fall die übrigen Farben auch ihrem Maximo nahe sind. Bewegt man nun die prismatischen Farben in der angenommenen Richtung, so breiten sie sich im Verhältniſs zur Undulationsgeschwindigkeit auf dem Kreise aus, also geht das violette Ende des Bildes voran und die Intensität eines jeden Farbenstrahls ist geringer, je weiter er von dem Punkte *a*, und je mehr die Farbe auf dem Kreise ausgebreitet ist. Aus der Resultante der Farben für jeden Augenblick entstehen alle Farbenordnungen. Nach der 8. oder 9. Ordnung sind keine Farbenringe sichtbar: denn dann hat das prismatische Farbenbild sich mehre Male um den Kreis ausgebreitet, und alle Farben sind an jedem Punkt gesammelt, und geben eine schwach weiſse Lichtmischung.

Jedesmal wenn die hellste prismatische Farbe im Minimo ist, endet eine Farbenordnung mit einer rothen Gränze, und da die Wellenlänge derselben Farbe, nach Fraunhofer, 21,1 Milliontel eines französischen Zolls ist, so können wir hienach eine Skale für den wahren Abstand der Gläser bilden, so wie eine rothe Gränze in das Centrum der Ringe eintritt. Das giebt gröſsere Abstände als Newton's Skale; allein die Unterschiede zwischen den Gränzen sind nur sehr kleine Gröſsen. Das von Newton gegebene Gesetz für die Veränderung der Skale bei Betrachtung der Ringe unter verschiedenen

Einfallswinkeln, scheint in das, der Undulationstheorie entsprechende Gesetz verwandelt werden zu können: dafs die Veränderung der Skale im umgekehrten Verhältnifs des Cosinus vom Einfallswinkel steht, wenn wir den Nullpunkt auf den Abstand der Gläser setzen, bei welchem der erste weifse Ring beginnt.

Mittelst des Gyreidoskop findet man leicht die Lichtbrechung eines tropfbar flüssigen Körpers, wenn man einen Tropfen davon zwischen die Gläser bringt und dann den den dunklen Ringen entsprechenden Abstand der Gläser mifst. Auch ist das Werkzeug zu dem Interferenzversuch mit Spiegeln brauchbar.

Das andere Instrument, welches kleine Ausdehnungen der Körper durch die Wärme mittelst der Farbenringe mifst, nenne ich *Thermomikrometer.* Fig. 6 Taf. I zeigt die Haupttheile desselben.

a, *b* sind zwei Platten, die ein Planglas *c* tragen; darunter ist ein flaches Convexglas *d*, welches von einem Körper *e* (z. B. einer Zinklamelle) gegen das Planglas gedrückt wird. Dieser Körper ist in einem Rahmen *f* eingesetzt, welcher in verschiedener Höhe befestigt werden kann. Das Planglas wird durch Schrauben gestellt, um, wenn man es wünscht, die Farben in den Mittelpunkt zu bringen. Die unteren Enden der Platten *a*, *b* werden an den Fufs des Instruments festgeschroben. An diesem sind auch die übrigen Theile des Instruments befestigt, nämlich, eine Fassung, welche in einigem Abstand das Thermomikrometer allseitig, nur nicht oben, umgiebt, um es vor fremder Wärme zu schützen. Sie hat ein Rohr zur Einlassung der Wärmestrahlen, deren Wirkung auf den Körper *e* beobachtet werden soll. Die Farbenringe sieht man durch ein Mikroskop, welches auf einer Alhidade nach einem Gradbogen gestellt wird. Der Schirm gegen die schädlichen Lichtstrahlen wird durch excentrische Bogen bewegt, die auf der Axe der Alhidade befestigt sind. Ein Planspiegel und ein parabolischer Spiegel leiten das Licht

Licht von einem in beliebiger Höhe zu nehmenden Punkt des Himmels oder von einer Lampe unter den erforderlichen Einfallswinkeln auf die Farbenringe. Die im Allgemeinen brauchbaren Winkel liegen zwischen 15° und 50°.

Das Thermomikrometer wird auf folgende Weise gebraucht. Man setzt den auf seine Ausdehnung zu untersuchenden Körper ein, giebt dem Mikroskop eine Neigung von 40° bis 50° (zuweilen 15° bis 20°), und stellt das Planglas so, bis die rothe Farbe, von der man ausgehen will, in der Mitte der Ringe sichtbar ist. Hierauf bringt man die Farbengränze in das Centrum durch eine neue Einstellung des Mikroskops, welche man im Augenblick der Beobachtung vornimmt. Will man in einem folgenden Augenblick die Ausdehnung finden, so verschiebt man das Mikroskop, bis man dieselbe oder eine nähere Farbengränze im Centro sieht. Hält die Ausdehnung an, so macht man im nächsten Augenblick eine neue Einstellung des Mikroskops. Aus den gemachten Ablesungen ergiebt sich, zufolge der angeführten Skale und einer nach dem erwähnten Gesetz berechneten Tafel, die Ausdehnung der Körper. Will man die Ausdehnung im Verhältnifs zur Temperatur kennen, so mufs diese zugleich durch ein in das Thermomikrometer gebrachtes feines Thermometer, das z. B. Viertel und Zehntel eines hunderttheiligen Grades angiebt, beobachtet werden.

Alles was sonst noch zu beachten ist, kann nicht in diesem Auszug beschrieben werden; die Experimentatoren werden leicht darauf verfallen. Als Beispiel von der Empfindlichkeit des Instruments will ich hier Folgendes anführen. Berührt man die Zinklamelle mit einer Fingerspitze, so ist die Ausdehnung durch die Wärme des Fingers so stark, dafs alle Farbenordnungen in einem Augenblick durchlaufen werden.

Die Wärme dehnt natürlicherweise schon die Theile

des Thermomikrometers aus; allein diese Ausdehnung kann ein für alle Mal bestimmt werden. Man macht 3 Reihen von Beobachtungen bei einer hinreichenden Anzahl kleiner, gleich grofser Wärmeunterschiede, nämlich:

erstens mit Platten a, b von Messing, Lamelle von Zink
dann - - - - - - - Kupfer
endlich - - - Kupfer - - Zink.

Aus jeder Beobachtungsreihe leitet man ein Gesetz für die Ausdehnung v ab nach der allgemeinen Formel:

$$v = at + \beta t^2 + \gamma t^3 + \ldots$$

Addirt man je zwei der berechneten Reihen und zieht von der Summe die dritte ab, so haben wir besondere Gesetze für die Ausdehnung des gebrauchten Messings, Kupfers und Zinks. Durch Wiederholung der Versuche mit verschiedenen Längen von Zinklamellen findet man den Einflufs der Ausdehnung des Glases auf die Coëfficienten, und dann ist die Ausdehnung eines jeden Theils bestimmt.

Aufser der Ausdehnung der Körper im Allgemeinen kann die Ausdehnung der Krystalle nach verschiedenen Axen gefunden werden, ferner die Ausdehnung der Kugeln und Röhren von Thermometern, und dadurch die von Quecksilber und andern Flüssigkeiten.

Die Wärme, welche bei Zusammendrückung von Flüssigkeiten entwickelt wird, läfst sich finden durch ein Thermomikrometer von einem Paar Stahldrähten, welche das Planglas tragen, und einer Zinklamelle, welche das Convexglas trägt. Dieses wird in die Flüssigkeit gesenkt und mit homogenem Licht beleuchtet.

Die Untersuchungen über die strahlende Wärme bewerkstelligt man mittelst einer in das Thermomikrometer eingesetzten Zinklamelle, die durch sehr schwache Strahlen erkennbar erwärmt und ausgedehnt wird, und in $1\frac{1}{2}$ Minuten das Maximum ihrer Ausdehnung erlangt. Alle Versuche, welche mit Melloni's Thermoskop gemacht werden können, lassen sich auch mit dem Thermomikro-

meter anstellen, und man erhält bestimmtere und bei geringen Graden meſsbare Resultate. Wir können noch weiter gehen und Interferenzversuche anstellen, wenn die Zinklamelle gegen einen Zinkdraht vertauscht wird. Diese Klasse von Versuchen unternimmt man bei constanter Temperatur.

XVI. *Neues Hygrometer; von Savary.*

Hr. Arago hat kürzlich der Academie zu Paris ein Hygrometer vorgezeigt, welches der verstorbene Savary hatte anfertigen lassen. Dieſs Hygrometer, nach der schon von Le Roy, zu Montpellier, ausgesprochenen und seitdem zu verschiedenen Instrumenten (unter andern von Daniell zu seinem Hygrometer) benutzten Idee construirt, führt zur Kenntniſs des hygrometrischen Zustandes der Luft, indem es zeigt, bis zu welchem Temperaturgrade die Luft abgekühlt werden muſs, damit der Dampf sich niederschlage. Es besteht der Hauptsache nach aus einem spiralförmigen Metallthermometer. Die ungleich ausdehnbaren Bestandtheile der Feder sind eine Lamelle von Platin und eine daran gelöthete von Gold. Das Ganze ist eingeschlossen in eine sehr dünne runde Kapsel von Platin, deren eine Seite einen hervorspringenden Rand besitzt, um so als Becher zur Aufnahme einiger Tropfen Aether zu dienen. Die zur Angabe der Temperatur dienende Nadel befindet sich unter der Kapsel, und empfängt ihre Bewegung von einer Axe, die durch die Mitte des unteren Bodens geht. Diese Nadel ist doppelt. Eine ihrer Hälften kann durch einen Druck auf einen Sperrhaken plötzlich angehalten werden. Eine kleine Oeffnung auf dem cylindrischen Umfang der Platinkapsel erlaubt, die äuſsere Fläche des Metallthermometers zu sehen.

Auf diesen Theil der Fläche nun schlägt sich die Feuchtigkeit der Luft nieder, sobald durch die Verdampfung einiger Tropfen Aether, die auf den Deckel der Platinkapsel gebracht worden, diese Kapsel und folglich auch das darin eingeschlossene Thermometer hinreichend erkaltet worden sind. Nach der von Savary gewählten Einrichtung müssen *alle Theile* seines Metallthermometers sehr nahe dieselbe Temperatur besitzen, und somit verschwindet der einzige, einigermafsen gegründete Einwurf, den man gegen die verschiedenen Mittel gemacht, mit Hülfe deren verschiedene Physiker den Gedanken von Le Roy zu verwirklichen gesucht haben. Es braucht übrigens wohl nicht gesagt zu werden, dafs das Savary'sche Hygrometer eben so leicht zur Beobachtung der Verdunstungskälte als zu der des Niederschlags der atmosphärischen Feuchtigkeit benutzt werden kann. (*Compt. rend. T. XIII p.* 450.)

XVII. *Neues Hygrometer; von G. A. Majocchi.*

(Aus der seit Anfang dieses Jahres vom Verfasser herausgegebenen Zeitschrift: *Annali di fisica, chimica e matematiche, Vol. I p.* 30.)

Diesem Instrumente liegt die Idee zum Grunde, die Spannung zu bestimmen, welche dem in der Luft befindlichen Dampfe an seinem, der jedesmaligen Temperatur entsprechendem Maximo fehlt, woraus sich dann, da dieses Maximum bekannt ist, durch blofse Subtraction die vorhandene Spannung und Menge des Dampfes herleiten läfst. Der Verfasser nennt es daher Spannungs-Hygrometer (*igrometro a tensione*).

Man sieht diefs Hygrometer auf Taf. I Fig. 7 des *vorigen* Bandes abgebildet. Es besteht wesentlich aus zwei Glasröhren *AB*, *ab* von 88 Millimet. Länge, und

das eine von 15, das andere von 5 Millimet. innerem Durchmesser, beide versehen unten mit einer Fassung und einem Hahn von Eisen, und durch einen Kanal *Aa* aus gleichem Metall mit einander verbunden. Das weitere Rohr *AB* hat oben eine Messingfassung mit Hahn, auf welche das ebenfalls mit einem Hahn versehene Messingrohr *T* aufgesetzt ist. Ein System von zwei Messingringen, welche respective die beiden Glasröhren *AB*, *ab* umschliefsen, wird getragen von einem Arme *C*, befestigt an einem Verbindungsstück, welches mittelst des Getriebs *S* beweglich ist in einem der Ständer, die den ganzen Apparat halten. Mit diesem Systeme ist verbunden eine in Millimeter getheilte Skale und ein Nonius, welcher längs der Skale mittelst des Getriebes *R* verschoben werden kann. Die übrigen Theile des Instruments sind leicht aus der Figur verständlich.

Will man mit diesem Instrument die Luft an einem gegebenen Ort auf ihre Feuchtigkeit untersuchen, so füllt man mit ihr das gröfsere Rohr *AB*. Zu dem Ende ist erforderlich zuerst die darin enthaltene Luft auszutreiben; man nimmt also das Messingrohr *T* ab, öffnet den Hahn *F* und giefst in die Röhre *AB* das in dem Becher *V* enthaltene Quecksilber, welches hinreichen mufs, dieselbe gänzlich zu füllen. Hierauf bringt man den Apparat an den Ort, wo man die Feuchtigkeit der Luft ermitteln will, und öffnet die Hähne *d*, *D*. Das Quecksilber setzt sich in den beiden Röhren *AB*, *ab* in Niveau und fliefst zugleich in den Becher *V*, der wieder unter die grofse Röhre *AB* gestellt worden ist. Während sonach das Quecksilber abfliefst, tritt die Luft des Orts durch den Hahn *F* ein. Wenn in den beiden Röhren *AB*, *ab* nur noch wenig Quecksilber über der Fassung *A*, *a* steht, schliefst man den Hahn *D*, um das fernere Ausfliefsen desselben zu verhüten, bringt das Messingrohr *T* wieder an seinen Ort und verschliefst den Hahn *F*, wodurch die zu untersuchende Luft in den

Raum AB eingeschlossen ist. Durch Drehung des Getriebes S senkt man nun das System der beiden Ringe so weit, dafs es mit seinem unteren Rand in Niveau kommt mit dem im Rohre zurückgebliebenen Quecksilber. Jetzt bringt man in die Messingröhre T einige Tropfen Wasser und hält sie mittelst des Hahns G daselbst eingeschlossen. Oeffnet man darauf den Hahn F, so fällt eine Portion des Wassers in den Raum AB, auf das am Boden desselben befindliche Quecksilber, und, nach Verschlufs des Hahns, verdampft es, sättigt die eingeschlossene Luft und vergröfsert die Spannung. Demzufolge steigt das Quecksilber in dem kleinen Rohre ab über das im grofsen AB, und erreicht darin bald sein Maximum, ungeachtet noch etwas Wasser im grofsen Rohre vorhanden ist. Alsdann verschiebt man den Nonius N mittelst des Getriebes R bis sein unterer Rand wieder mit dem Quecksilber im Rohre ab in Niveau steht. Offenbar mifst alsdann die vom Nonius angegebene Zahl von Skalentheilen die Spannung des Dampfes, welcher zur Sättigung des Raumes AB erforderlich war, und diese Spannung, abgezogen von der der Temperatur entsprechenden Maximum-Spannung, giebt die des bereits vorhandenen Dampfs.

Gesetzt die Temperatur sey 20° C., so ist das Maximum der Spannung $=19^{mm},450$. Hätte man nun, durch Sättigung des Raumes AB mit Wasserdampf, eine Zunahme der Spannung $=3^{mm},5$ beobachtet, so würde die Spannung des bereits in der Luft vorhandenen Dampfs $=15^{mm},950$ gewesen seyn.

Zusatz des Herausgebers. Ohne entfernt eine Priorität geltend machen zu wollen, erlaube ich mir hier zu bemerken, dafs ich vor länger als einem Jahrzehnt die dem Instrumente des Hrn. Majocchi zum Grunde liegende Idee auf eine andere Weise zu verwirklichen ge-

sucht habe. Eine Messingscheibe von etwa 6 Zoll Durchmesser, die horizontal auf einem Gestelle ruhte, war auf der oberen Seite eben geschliffen, nahe ihrer Mitte mit einer etwa einen Zoll weiten Vertiefung versehen und in der Mitte selbst durchbohrt, um eine unten angebrachte U-förmige offene Röhre luftdicht aufzunehmen. Diese Röhre enthielt Wasser oder Quecksilber und die Vertiefung auch etwas Wasser. Auf die Scheibe schob ich eine unten abgeschliffene und etwas eingefettete Glasglocke, zunächst so, dafs sie die mit Wasser angefüllte Vertiefung nicht einschlofs. Die Luft in derselben befand sich also in ihrem natürlichen Zustande. Schob ich nun die Glocke weiter, so dafs der kleine Wasserbehälter und der eine Schenkel der U-förmigen Röhre unter sie zu stehen kamen, so sättigte sich die eingeschlossene Luft mit Feuchtigkeit, die Spannung wuchs, und demgemäfs stieg die Flüssigkeit in dem andern Schenkel der gebogenen Röhre empor. Die Gröfse des Steigens ergab dann die Zunahme der Spannung. Um, zu einen neuen Versuch, die Glocke mit frischer Luft zu füllen, wurde sie abgehoben und einige Male herumgeschwenkt. Vielleicht wegen der Schwierigkeit, die eingeschlossene Luft während des Versuchs auf eine und dieselbe Temperatur zu erhalten, habe ich indefs mit diesem Instrument keine recht zuverlässigen Ergebnisse bekommen können, und das hat mich abgehalten, dasselbe bisher zu beschreiben. Eine bessere als die damalige Ausführung des Instruments würde jedoch wohl diese und andere Schwierigkeiten beseitigen lassen, wenn sonst das Verfahren vorzüglicher als die bekannten würde befunden werden, was ich indefs einigermafsen bezweifeln möchte.

XVIII. *Neue Formen des tesseralen Krystallisations-Systems; von August Breithaupt.*

I. Zwei deltoide Ikositessaraëder am Magneteisenerze.

Nach Hrn. Prof. von Kobell giebt es, der Mischung nach, *zweierlei Magneteisenerze*, das eine ist $\dot{\mathrm{Fe}}^3\overset{\cdots}{\mathrm{Fe}}{}^4$ mit 75,27 Oxyd und 24,73 Oxydul, das andere $\dot{\mathrm{Fe}}\overset{\cdots}{\mathrm{Fe}}$ mit 69 Oxyd und 31 Oxydul. Mineralogisch lassen sich beide unterscheiden, und nur sehr selten finden sie sich an einem Orte zusammen. Es wird dem ersteren in meiner vollständigen Charakteristik des Mineralsystems, 3. Aufl. S. 232, als »*magnetisches Eisenerz*« entsprochen, hat die Härte $7\frac{1}{4}$ bis 8, und nach nunmehr zehn Beobachtungen das specifische Gewicht 5,142 bis 5,177. Hieher gehören Abänderungen aus dem Zillerthale und vom Grainer in Tyrol, von Breitenbrunn im Erzgebirge, von Presnitz in Böhmen zum Theil, von Rudolphstein im Voigtlande, von Gelliwara in Lappland, von Balmi in Piemont, von Carnaiba in Brasilien, aus dem Ural etc. Es scheint, daſs derselbe vorzüglich im Talk-, Chlorit- und Glimmerschiefer zu Hause sey. — Dem andern wird a. a. O. durch den Anhang an das erste als »*leichteres Magneteisenerz*« entsprochen. Es hat die Härte 6 bis 7 und das specifische Gewicht nach nunmehr elf Beobachtungen 4,967 bis 5,072. Dahin zähle ich Abänderungen von Berggieshübel in Sachsen, von der Engelsburg (hier zum Theil) und von Orpus bei Presnitz in Böhmen, vom Kaiserstuhl im Grosherzogthum Baden, von Orijerfvi in Finland, von Arendal in Norwegen, von Rudna-Glava und Suwo-Rudischte in Serbien, von Haddam in Connecticut etc. Dieser scheint besonders im Kalkgebirge, ferner in Begleitung von Aplom-Granat, Kupferkies etc. vorzukommen.

Zwei eifrige Mineralogen, Hr. Finanz-Procurator Lindner zu Schwarzenberg und Hr. Bergfactor Richter zu Zwickau, fanden, von einander ganz unabhängig, ein und denselben Mineralkörper das *leichtere Magneteisenerz* in *neuen Formen* auf, und ich war so glücklich von beiden Herren Proben des interessanten Fundes zu erhalten. Es sind diefs die Fig. 7 und 8 Taf. I abgebildeten Krystalle, welche auf kryptischem Karbonspath, *Carbonites crypticus*, einzeln aufsitzen, der wieder auf weifsem körnigen Marmor lagert; von der Grube Zweigler, zu Wildenau bei Schwarzenberg, wo man im Gneis-Glimmerschiefergebirge zugleich Lager von Magneteisenerz und Kalkstein abbaut. Die gröfseren Krystalle zeigen nur die einfache Gestalt Fig. 7 Taf. I oder noch schwache Abstumpfungen der dreikantigen Ecken. Die kleineren combinirteren Krystalle, Fig. 8 Taf. I, sind höchst scharfkantig ausgebildet, mit einziger Ausnahme der Kante zwischen z und f, welche gerundet ist.

An der Gestalt Fig. 7 Taf. I, ein hexaëderähnliches deltoides Ikositessaraëder, z, fand ich die Neigung der Flächen an den Nebenkanten 101° 50′ bis 101° 58′, im Mittel 101° 54′; an der Fig. 8 Taf. I betrug die Neigung von z auf h (das Hexaëder) 171° 51′ bis 172° 0′, im Mittel aller Beobachtungen 171° 55′. Es ist mithin dieser neuen Gestalt die Formel $\frac{1}{10}I$, nach meiner Ableitung, §. 174 des ersten Bandes meines vollst. Handb. der Mineralogie, zu ertheilen, oder, nach Naumann, 10O10. Die octaëdrische Eckenaxe ist, vom Octaëder ausgegangen, auf $\frac{1}{10}$ verkürzt, während die hexaëdrische Eckenaxe, vom Hexaëder ausgegangen, auf $\frac{3}{4}$ verkürzt erscheint. Die berechneten Dimensionen dieser bisher unbekannt gewesenen Gestalt sind:

$\frac{1}{10}I$ = 168° 38′ 33″ an den Hauptkanten,
= 101° 52′ 48″ an den Nebenkanten,
= 163° 54′ 3″ über die vierkantigen Ecken.

Ein dem Hexaëder noch mehr ähnliches deltoides

Ikositessaraëder giebt sich an Fig. 8 Taf. I in den Flächen f zu erkennen, combinirt mit $\frac{1}{10}I = z$, h = Hexaëder, o = Octaëder. Wegen der Flächenkrümmung konnte ich es jedoch nur approximativ bestimmen, die Neigung gegen das Hexaëder (f auf h) betrug 174° 40′ bis 175° 1′, im Mittel 174° 48′, und allerdings um 9′ verschieden von dem Werthe $\frac{1}{16}I$, bei welchem jene Neigung 174° 56′ 56″ beträgt. $\frac{1}{16}I$ ist, nach Naumann, 16O16. An der Richtigkeit des angenommenen Werthes zweifle ich übrigens wenig, da die Art der Winkeldifferenz mit der Richtung der Krümmung zusammentrifft. Ich habe davon die Neigungen der Flächen, wie folgt, berechnet:

$\frac{1}{16}$I = 172° 52′ 0″ an den Hauptkanten,
= 97° 20′ 56″ an den Nebenkanten,
= 169° 53′ 52″ über die vierkantigen Ecken.

Diefs ist die dem Hexaëder ähnlichste, die flachste Varietät von allen bis heute bekannten deltoiden Ikositessaraëdern oder Leuzit ähnlichen Körpern; denn die zeither flachste Varietät hatte Naumann am Bleiglanze beobachtet, von ihm 15O15, von mir $\frac{1}{15}I$ bezeichnet. Während bei $\frac{1}{16}I$ die octaëdrische Eckenaxe, vom Octaëder ausgegangen, auf $\frac{1}{16}$ verkürzt ist, erscheint die hexaëdrische Eckenaxe, vom Hexaëder ausgegangen, auf nur $\frac{5}{6}$ reducirt.

Die schwarzen einzeln aufsitzenden Krystalle nehmen sich auf der röthlichweifsen Unterlage recht wohl aus, und es ist bei diesem Vorkommen nur zu bedauern, dafs vielleicht nicht mehr als zehn Stücke aus einer Druse existiren. — —

Vom Kaiserstuhl in Baden ist mir an demselben Mineral ein deltoides Ikositessaraëder bekannt; es scheint jedoch die gemeinste Varietät, die des Leuzits $= \frac{1}{2}I$ zu seyn.

II. Zwei hexaëderkantige Ikositessaraëder am Granat.

Durch die Güte des für die Mineralogie sehr eifrigen Hrn. Bergcommissär Albrecht, der während einiger Jahre den Betrieb der Zinnbergwerke von *Pitkärande* bei Serdopol im Gouvernement Wiborg dirigirte, kam ich in den Besitz der dasigen mineralogischen Vorkommnisse. Die einfachen Krystalle von Zinnerz (Zwillinge scheint es hier gar nicht zu geben), Eisenkies, Kupferkies, Akanthikon-Epidot, Bergkork, Granat und andere Mineralien sind in Pitkärande sehr ausgezeichnet zu Hause. Der *Granat* ist, mit Ausnahme des unten angeführten Falls, der *aplome*, theils derb, theils in schönen rhombischen Dodekaëdern ohne und mit Abstumpfung der Kanten ($\frac{1}{2}I$), von schwärzlich- und lauchgrüner bis fast grünlichschwarzer Farbe und undurchsichtig. Das specifische Gewicht fand ich 3,815. In einigen Drusen sind die Krystalle dieses Granats von einer Haut eines *andern Granats* in der Stärke eines Messerrückens überlagert, welcher *honiggelb von Farbe* und ziemlich durchscheinend ist. Dieser *Granat* nun zeigt die in Fig. 9 Taf. I gezeichnete Combination *zweier hexaëderkantiger Ikositessaraëder* und hat nur das specifische Gewicht von 3,600, wogegen der schwärzlichgrüne Kern eines solchen Krystalls wieder 3,809 wog. Die Gestalt, welche mit *n* bezeichnet erscheint, ist eine (wenn auch nicht am Granat) bekannt gewesene, nämlich $\frac{1}{2}I'$ (nach Naumann $\infty O2$), welche an den Hauptkanten und Nebenkanten den gleichen Winkel 143° 7′ 48″ hat, und an der die Neigung der Flächen über eine vierkantige Ecke 126° 52′ 12″ beträgt, die ich 126° 50′ bis 126° 51′ fand. M. s. §. 178 meines oben angeführten Werkes.

Die in Fig. 9 Taf. I mit *g* bezeichnete Gestalt ist dagegen eine neue, und, von allen gleichnamigen, die dem rhombischen Dodekaëder am nächsten kommende.

Ich fand die Neigung von n auf $g = 163^\circ\ 16'$, und diese Abmessung steht dem Werthe $\frac{19}{20} I'$, bis auf eine Differenz von 4 Minuten, gleich. Die berechneten Neigungen der Flächen sind nun folgende:

$\frac{19}{20} I' = 177^\circ\ 3'\ 45''$ an den Hauptkanten,
$= 121^\circ\ 51'\ 37''$ an den Nebenkanten,
$= 92^\circ\ 56'\ 15''$ über die vierkantigen Ecken.

Der oben gemessene Winkel n auf g mufs mithin $136^\circ\ 20'\ 20''$ betragen.

Es sind mir noch einige honiggelbe Granate bekannt, die dem von Pitkärande nahe stehen. Ein solcher vom Vesuv — nicht zu verwechseln mit dem hyazinthrothen und röthlichbraunen — wog 3,566 und krystallisirt als D; $\frac{1}{2} I$; darin fand Hr. Oberschiedsgardein Plattner einen Kaligehalt auf. Den sogenannten Topazolith von Wurlitz im Fichtelgebirge fand ich 3,657. Im Forstwalde bei Schwarzenberg im Erzgebirge kommt, jedoch selten, ein gleichfarbiger Granat vor, der in seiner Combination D; $\frac{1}{2} I$ und das hexaëderkantige Ikositessaraëder $\frac{2}{3} I'$ combinirt zeigt, dessen Gewicht ich jedoch nicht kenne.

XIX. *Kalkspath und Aragon; von Demselben.*

Dieselben finden sich nicht ganz selten zusammen; dessen ungeachtet scheint folgendes neue Vorkommen der Aufzeichnung werth. Um das Jahr 1797 blieb der Betrieb eines Stollns liegen, der zu Stenn bei Zwickau nach der vorliegenden Eisensteingrube, Neugeboren Kindlein, geführt werden sollte. Er ist in sogenanntem grünem Mandelstein und Grünstein getrieben, welche in Blasenräumen und Gangschnüren viel Kalkspath enthalten.

Im vorigen Jahre wurde der zum Theil zu Bruche gegangene Stolln wieder aufgesäubert, und man fand an verschiedenen Stellen in der Sohle, besonders aber da, wo sich die Wasser gestáut hatten, dicke Massen von Kalksinter gebildet. Dieser Kalksinter hat das Eigenthümliche zugleich aus Kalkspath und Aragon zu bestehen, so dafs der eine dieser Körper nach dem andern sich abwechselnd gebildet haben mufs, nicht etwa dafs der eine aus der Zerstörung des andern hervorgegangen. Ich besitze ein Stück solchen Kalksinters, in welchem *Kalkspath und Aragon lagenweise dreizehn Mal mit einander wechseln.* Man hat mir gesagt, dafs der Stolln, welcher überhaupt wasserreich ist, kurze Zeit nach starken Gewittern und nach Thauwettern besonders starken Wasserabflufs zeige. Vielleicht ist die Temperatur-Verschiedenheit von diesen Sommer- und Winterfluthen die Ursache, dafs sich bald Aragon, bald Kalkspath abgesetzt hat.

XX. *Ueber eine, einem sogenannten Gasvulkane ähnliche Erscheinung in Mähren; vom Prof. E. F. Glocker in Breslau.*

An der östlichen Seite des Dorfes Reichenau, welches in geringer Entfernung nördlich von Mährisch-Trübau liegt, erhebt sich ein ansehnlicher länglicher Berg, dessen Längenausdehnung in die Streichungslinie der grofsen Quadersandsteinkette des nordwestlichen Mährens und des angränzenden Theiles von Böhmen fällt. Den Fufs dieses Berges umgeben sehr flache Hügel, welche aus Rothsandstein (rothem Liegenden) bestehen, dessen Schichten an den gegen Reichenau zugekehrten Abhängen unter ungefähr 15° nach Nordwesten einfallen. Auf den

Rothsandstein ist feinkörniger, gelblichweifser Quadersandstein gelagert, und der lange, mit Nadelholz- und Buchenwaldung bedeckte Rücken des Reichenauer Berges besteht ganz aus Quadersandstein, und erscheint scharf und schroff auf den Rothsandstein aufgesetzt, wie eine Mauer, bis zu der schwachen Dammerdedecke am obersten Rande hinaufragend. Der Quadersandstein ist auffallend zerklüftet, die Klüfte sind ½ bis 1 und 1½ Fufs von einander entfernt, ziehen sich senkrecht herab und schneiden die fast horizontalen Schichten rechtwinklich, wodurch eine parallelepipedische Absonderung entsteht. Sowohl in der oberstsn schroffsten Sandsteinwand, als in dem weiter unten anstehenden Quadersandstein fand ich eine Zwischenlage von festem blaulichgrauem Plänermergel, stark zerklüftet und beim Zerschlagen parallelepipedisch zerspringend.

Auf der obersten, ziemlich breiten und lang ausgedehnten Fläche des Gipfels des Reichenauer Berges befinden sich nun drei Pfützen, welche ungefähr in der Mitte der Fläche in gerader Linie sich an einander reihen. Sie liegen sämmtlich mitten in der Waldung, und sollen in früheren Jahren viel gröfser und wasserreicher gewesen, aber allmälig an ihren Rändern eingetrocknet seyn. Man spricht in der Gegend allgemein von einem grofsen und sehr tiefen See, welcher früher den gröfsten Theil des Plateaus dieses Berges eingenommen haben soll. Die gegenwärtige Beschaffenheit der erwähnten Pfützen, wie ich sie bei meinem Besuche im August 1840 fand, ist folgende:

Die erste, d. i. nördlichere, jener Pfützen, hat ungefähr 3¼ Klafter Längenausdehnung, d. i. nach der Längenrichtung des Berges, und 2 Klafter Breite. Die zweite, mittlere, ist 24 Schritte von der ersten entfernt und ungefähr 6½ Klafter lang und beinahe eben so breit. In beiden wächst spärlich Schilf und Gras [1]). Die erste hat in der Mitte ein tiefes, mit Wasser angefülltes Loch,

1) *Die dritte*, südlichere Pfütze ist ganz mit Gebüsch verwachsen,

in welchem man durch eine 6 Klafter lange Stange noch keinen Grund gefunden hat. Man kann sich wegen des umgebenden Sumpfes nur mit einiger Gefahr auf einem Brette dem Loche nähern. Das darin befindliche Wasser ist meistens in einem ruhigen Zustande; zuweilen aber, vorzüglich im Sommer, bei trockner Witterung, steigen Luftblasen daraus empor, welche die ganze Oberfläche mit Perlen bedecken. Wenn diese letztere Erscheinung stattfindet, entsteht oft zugleich im Innern des Berges ein dumpfes Geräusch, einem fernen Kanonendonner ähnlich, welches auf ein Paar Meilen weit gehört wird. Hr. Apotheker Erxleben in Landskron sagte mir, dafs er dieses Geräusch an seinem Wohnorte schon mehrmals gehört habe. Besonders zeigt sich dasselbe, wie man wahrgenommen hat, vor einem bevorstehenden Gewitter; dieses gilt den Bewohnern der umliegenden Gegend als eine ausgemachte Sache, sie pflegen, wenn sie das Geräusch hören, zu sagen: der Berg rumpelt, es kommt ein Gewitter.

Die oben erwähnte Erscheinung auf dem Reichenauer Berge hat offenbar die gröfste Aehnlichkeit mit einem sogenannten *Gasvulkan*, nur dafs in dem Sumpfe, in dessen Mitte die Gasexhalation stattfindet, keine kegelförmige Erhöhung sichtbar ist, wie bei den italiänischen Gasvulkanen. Es ist jedoch leicht denkbar, dafs, weil die Umgebung um die mit Wasser angefüllte Oeffnung ganz sumpfig ist, die sich bei den Gasexhalationen etwa erhebende Erdmasse immer schnell wieder in den Schlamm hinabsinkt, und daher immer wieder in gleiches Niveau mit der umgebenden Fläche tritt. Bemerkenswerth ist aber, und vielleicht bis jetzt das einzige Beispiel dieser Art, dafs die Formation, auf welcher die Erscheinung stattfindet, Quadersandstein ist, welcher an den das Sumpfgebiet umgebenden Stellen nur mit einer geringen Lage von Dammerde bedeckt

und darin so versteckt, dafs ich ihre Ausdehnung nicht bestimmen konnte.

ist. — Das donnerähnliche Getöse, welches der Berg von Zeit zu Zeit hören läfst, hat einige Aehnlichkeit mit den Detonationen auf der Insel Meleda bei Ragusa, welche Hr. Director Partsch beschrieben hat.

Näheres über die in Rede stehende Erscheinung behalt e ich mir für eine spätere Mittheilung vor.

XXI. *Merkwürdiger Meteorsteinfall in Ungarn; aus einem Schreiben des Hrn. Baron von Reichenbach.*

Schlofs Reisenberg bei Wien, 2. Oct. 1841.

— Gestern kam ich aus Ungarn zurück, von wo ich eine interessante Neuigkeit mitbringe: — eine ganze Tasche voll, nicht Meteorsteine, sondern Meteorsteinchen, klein wie Erbsen, Hirse und Mohnkörner. Südöstlich vom Neusiedlersee ist ein wirklicher Regen von kleinen Steinchen, zu vielen Millionen, niedergegangen, und hat sich über mehrere Quadratmeilen verbreitet. Ich habe diefs Ereignifs an Ort und Stelle, zu Iwan, genau geprüft, und aufser Zweifel gefunden. Die Steinchen gleichen sehr dem Bohnerze, und sind von den bisherigen Meteorsteinen gänzlich verschieden. Das ganze Ereignifs trat unter durchaus veränderten Umständen auf, und hatte keine Aehnlichkeit mit den bisher beobachteten Aërolithenfällen. Aber eben dadurch wird es überaus merkwürdig. Ein genauer Bericht darüber soll in Kurzem folgen.

1841. ANNALEN № 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LIV.

I. *Methode zur quantitativen Bestimmung der elektromotorischen Kraft inconstanter galvanischer Ketten; von J. C. Poggendorff.*

(Aus einer am 5. Aug. d. J. in der Academie gehaltenen Vorlesung.)

Bekanntlich sind es zwei Elemente, elektromotorische Kraft und Widerstand genannt, von welchen die Stärke eines elektrischen Stroms bedingt wird, und zwar, nach der wichtigen Entdeckung, mit welcher Ohm die Wissenschaft bereichert hat, in solcher Weise, dafs die Stromstärke vorgestellt werden kann durch einen Bruch, der die elektromotorische Kraft zum Zähler und den Widerstand zum Nenner hat.

Von diesen beiden Elementen ist der Widerstand das allgemeinere. Er hat, so viel wir wissen, nichts mit der Elektricitätsquelle zu schaffen, bleibt vielmehr, unter gleichen Umständen, für Elektricität von jedem Ursprung derselbe.

Anders verhält es sich mit der elektromotorischen Kraft. Sie erweist sich hinsichtlich der sie hervorrufenden und abändernden Umstände so verschieden, als es die Erregungsweisen elektrischer Ströme sind. Sie ist demnach das speciellere Element, und für Untersuchungen, die auf Ströme irgend Einer Klasse eingeschränkt sind, wohl auch das wichtigere.

Ein besonderes Interesse erlangt sie bei den galvanischen Strömen, hinsichtlich deren Ursprungs die Meinungen der Physiker seit Decennien ihrer Vereinbarung nicht näher gerückt sind. Welche Vorstellung man sich auch über die Entstehung der galvanischen Ströme machen möge, so scheint es doch kaum anders denkbar,

als dafs die elektromotorische Kraft oder das, was durch sie gemessen wird [1]), direct proportional seyn müsse der letzten Ursache dieser Ströme, und in dieser, sicher natürlichsten Annahme, scheinen genaue Bestimmungen der elektromotorischen Kraft, für zweckmäfsig gewählte Fälle unternommen, wohl am ersten geeignet, auf die in mancher Hinsicht noch so räthselhafte Entstehung und Abänderung der hydro-elektrischen Ströme ein helleres Licht zu werfen.

Dennoch sind Bestimmungen der Art nur noch wenige gemacht, und am wenigsten gerade bei derjenigen Klasse von galvanischen Combinationen, bei welchen sie am meisten versprechen, bei den Ketten mit Einer Flüssigkeit. Auch fehlt es hier noch ganz an einem sicheren Verfahren, die Gröfse der elektromotorischen Kraft zu messen. Das Ohm'sche Gesetz weiset zwar nach, wie diese Aufgabe im Allgemeinen gelöst werde könne, aber die experimentellen Methoden, die man bisher erdacht, um die Lösung in's Werk zu setzen, scheitern gänzlich an der grofsen Wandelbarkeit des Stroms dieser Ketten. Man darf dreist behaupten, dafs bisher so wenig die Gröfse der elektromotorischen Kraft einer dieser Ketten, als die Leitungsfähigkeit irgend einer Flüssigkeit mit Zuverlässigkeit bestimmt worden sey.

Zu dieser Ueberzeugung gelangte ich, als mir die Beschäftigung mit der Zink-Eisen-Kette es wünschenswerth

1) In der Hypothese, dafs das, was man einen elektrischen Strom nennt, wirklich ein solcher sey, ist die *elektromotorische Kraft* das Maafs der Elektricitätsmenge, welche in jedem Augenblick, für die Einheit des Querschnitts, auf der ganzen Länge der Bahn des Stroms in Bewegung begriffen ist; während die *Stromstärke* vorgestellt wird durch diejenige Elektricitätsmenge, welche, in der Zeiteinheit, jeden Querschnitt dieser Bahn durchströmt: sie hängt also ab, sowohl von dieser *Menge* als auch von der *Geschwindigkeit* des Stroms, welche letztere bedingt wird durch die *Leitungsfähigkeit* der durchströmten Körper, d. h. den *Widerstand* für die Einheit der Dimensionen.

machte, die Gröfse ihrer elektromotorischen Kraft im ungetrübten Zustande kennen zu lernen. Ich prüfte die bisher vorgeschlagenen Methoden, fand sie aber alle unanwendbar hiezu. Darauf ging ich zu einigen über, die sich mir darboten und bereits in einem früheren Aufsatz beschrieben wurden [1]); allein auch diese gewährten nur eine wenig befriedigende Lösung des Problems, und ich war daher nahe daran, dasselbe gänzlich fallen zu lassen, als sich mir unverhoft, bei Gelegenheit einer anderen Betrachtung, von der ich keine Nutzanwendung auf die vorliegende Aufgabe erwartet hatte, ein Verfahren zeigte, das allen billigen Ansprüchen genügt, d. h. die elektromotorische Kraft inconstanter galvanischer Ketten so genau zu messen erlaubt [2]), als es, beim gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft, nur erforderlich seyn kann.

Da überdiefs das Verfahren aus der auf das Ohm'sche Gesetz gegründeten Theorie des Voltaismus hervorgegangen ist, und einen neuen interessanten Beleg für die Richtigkeit dieser Theorie abgiebt, so dürfte schon aus dieser Rücksicht die Veröffentlichung desselben nicht ohne Nutzen seyn.

Vor der Hand werde ich mich darauf beschränken, das Verfahren selbst und seine Zuverlässigkeit auseinanderzusetzen; die Anwendungen desselben, die übrigens auch sehr ausgedehnt sind, hoffe ich, zum Gegenstande künftiger Mittheilungen machen zu können.

Um die Eigenthümlichkeit der neuen Methode klarer hervortreten zu lassen, wird es zweckmäfsig seyn

1) Annalen, Bd. LIII S. 440.

2) D. h., wie hier stets vorausgesetzt wird, die Gröfse der Kraft; die Richtung derselben ist, da sie immer mit der des Stromes zusammenfällt, ein Gegenstand der unmittelbaren Beobachtung.

zuvor die bisherigen Verfahrungsarten etwas näher zu betrachten.

Die gebräuchlichste derselben, welche von Ohm herstammt, ist durch dessen Intensitätsformel gleichsam an die Hand gegeben. Sie besteht darin, dafs man die Stromstärke der zu untersuchenden elektrischen Kette für zweierlei Widerstände mifst, die entsprechenden Werthe beider Elemente in der Formel substituirt, und aus den so erhaltenen beiden Ausdrücken die elektromotorische Kraft berechnet.

Bezeichnet nämlich k die elektromotorische Kraft der Kette, r einen constanten Theil ihres Widerstandes, l und l' die respective bei den beiden Messungen hinzugefügten Theile des Widerstandes, so wie i und i' die entsprechenden beobachteten Stromstärken; so hat man:

$$i=\frac{k}{r+l} \; ; \; i'=\frac{k}{r+l'}$$

und daraus:

$$r+l=\frac{i'}{i-i'}(l'-l) \; ; \; k=\frac{ii'}{i-i'}(l'-l).$$

Mifst man die Intensitäten mittelst der Sinusbussole und sind a, a' die entsprechenden Winkel, so lassen sich hienach die für die logarithmische Rechnung sehr bequemen Ausdrücke bilden:

$$r+l=\frac{\sin a'}{\cos\frac{1}{2}(a+a')\sin\frac{1}{2}(a-a')}\cdot\frac{(l'-l)}{2}$$

und:

$$k=\frac{\sin a . \sin a'}{\cos\frac{1}{2}(a+a')\sin\frac{1}{2}(a-a')}\cdot\frac{(l'-l)}{2}.$$

Ein zweites ganz ähnliches Verfahren würde sich offenbar ergeben, wenn man die elektromotorische Kraft gerade so um bekannte Werthe vergröfsern oder, im Allgemeinen, verändern könnte, wie es eben mit dem Widerstande geschehen ist.

Das läfst sich indefs nur bei thermo-elektrischen und magneto-elektrischen Strömen bewerkstelligen, durch

Veränderung respective der Temperaturdifferenz oder der Geschwindigkeit des inducirenden Körpers (oder, für den letzteren Fall, durch Veränderung eines ähnlichen Elements); bei den hydro-elektrischen Ketten dagegen ist ein solches Verfahren unausführbar, weil bei ihnen die elektromotorische Kraft von der Natur der Flüssigkeit und der mit dieser in Berührung stehenden Substanzen abhängt, nicht nach Belieben und um gemessene Gröfsen abgeändert werden kann, wenigstens nicht, ohne nicht zugleich den Widerstand mehr oder weniger stark und in unbekannten Graden zu verändern.

Wo es sich jedoch blofs um das Verhältnifs zweier elektromotorischen Kräfte handelt, ist ein Verfahren anwendbar, und wirklich von Fechner angewendet, welches mit dem eben angedeuteten in eine Kategorie fällt.

Es besteht darin, dafs man die beiden Ketten, deren elektromotorische Kräfte k, k' mit einander verglichen werden sollen, einmal in gleicher, und das andere Mal in entgegengesetzter Weise verbindet, und die beiden Ströme, s, d, der Summe und der Differenz, mifst.

Man erhält dann, wenn durch r, r' der Widerstand beider Ketten, also durch $r+r'$ der Widerstand des aus ihnen gebildeten Systems bezeichnet wird, die Ausdrücke:

$$s=\frac{k+k'}{r+r'}\ ;\ d=\frac{k-k'}{r+r'}$$

und daraus:

$$\frac{k}{k'}=\frac{s+d}{s-d},$$

Eine dritte Methode, von gleicher Beschränkung wie die eben erwähnte, beruht auf dem einfachen Satz, dafs, bei Gleichheit der Widerstände, die elektromotorischen Kräfte sich geradezu wie die Stromstärken verhalten, und dafs man diese Gleichheit mit beliebiger Annäherung erreichen kann, wenn man den in den Ketten vorhandenen Wi-

derständen r, r' einen sehr grofsen Widerstand R hinzufügt. Man hat dann:

$$i = \frac{k}{r+R} \; ; \; i' = \frac{k'}{r'+R}$$

und, wenn annähernd $r+R$ dividirt durch $r'+R = 1$:

$$k : k' = i : i'.$$

Auf diesen Satz hat Fechner die Anwendung des langen Multiplicators gegründet [1]).

Aufser diesen drei Methoden sind, meines Wissens, bisher keine angewandt oder vorgeschlagen worden. Nur in der Art oder dem Mittel, *die Stromstärke zu messen*, finden sich Verschiedenheiten von einem Beobachter zum andern.

Die so eben auseinandergesetzten Methoden gewähren eine grofse Leichtigkeit in der Ausführung; und für Ketten von constanter Beschaffenheit, d. h. für thermo- und magneto-elektrische Ketten, so wie auch für galvanische mit zwei zweckmäfsig gewählten Flüssigkeiten, leistet, namentlich die erstere, in der That Alles, was man nur verlangen kann, so dafs sie hier schwerlich durch irgend eine neue verdrängt werden möchte [2]).

1) Annalen, Bd. XXXXV S. 232.

2) Beiläufig bemerkt, bietet sonst die Einrichtung, welche ich der Sinusbussole gegeben habe und gewissermafsen geben mufste, noch eine Methode dar, welche man versucht seyn könnte, statt der eben genannten vorzuschlagen.

Die Sinusbussole leidet nämlich an dem Mangel, wenn es einer ist, der zu grofsen Empfindlichkeit. Es gehört gar keine starke Kette dazu, um die Nadel auf das Maximum ihrer Ablenkung zu treiben. Man mufs also darauf bedacht seyn, diese Empfindlichkeit zu mäfsigen oder den Strom der Kette zu schwächen.

Diefs könnte nun durch Einschaltung eines beträchtlichen Widerstands von bekannter Gröfse geschehen, und namentlich scheint es, als wäre in ökonomischer Hinsicht nichts vortheilhafter als Verkleinerung der Platten, da hiebei am Material, sowohl der Platten als der Flüssigkeiten, gespart wird.

Allein eine Schwächung des Stroms auf diese Weise hat einen

Anders verhält es sich mit der Anwendung dieser und der anderen Methoden auf die gewöhnlichen, mit Einer Flüssigkeit construirten galvanischen Ketten.

eigenthümlichen, obwohl in theoretischer Hinsicht interessanten Nachtheil, den ich gelegentlich bei einer Grove'schen Kette kennen lernte.

Bei dieser Kette ist nämlich der Widerstand in den Flüssigkeiten nur gering, und er macht daher, wenn man eine einfache Kette der Art mit dem Mefs-Apparat verbindet, nur einen kleinen Theil des gesammten Widerstandes aus. Bei meinen Messungen betrug durchschnittlich, in runder Zahl, der Widerstand in den Flüssigkeiten $=5$, und der Gesammtwiderstand $=32$.

Eine Folge hievon ist, dafs man die Grösse der Platten bedeutend verändern, z. B. verkleinern kann, ohne dafs diefs einen erheblichen Einflufs auf die Intensität des Stromes ausübt.

Die Nothwendigkeit davon erhellt aus der Formel:

$$i=\frac{k}{c.\frac{\lambda}{\sigma}+l},$$

worin, i, k, l die früheren Bedeutungen haben, λ die Länge, σ den Querschnitt und c den Widerstand der Flüssigkeit für die Einheiten dieser Elemente bezeichnet. Sind c und λ sehr klein gegen l, so kann offenbar σ sehr variiren, ohne dafs dadurch i merklich geändert wird.

Allein in dem Maafse man den Querschnitt σ der Flüssigkeit verändert, verändert man nothwendig die Intensität ι des Stroms in den einzelnen Punkten der Flüssigkeit; denn immer ist $\iota\sigma=i$, und wenn man diesen Werth in der früheren Gleichung substituirt, so bekommt man:

$$\iota=\frac{k}{c\lambda+\sigma l}.$$

Daraus erhellt nun, dafs in dem Maafse man die Platten verkleinert oder weiter aus den Flüssigkeiten zieht, und demgemäfs die Gesammt-Intensität des Stromes *schwächt*, die Stromstärke in den einzelnen Punkten der Flüssigkeiten *wächst*.

Das Wachsen *dieser* Stromstärke bedingt aber nothwendig eine *Erhöhung* des chemischen Processes an den einzelnen Punkten der Platten, und so geschieht es denn bei der Grove'schen Kette, dafs eine 2 bis 3 Quadratzoll grofse Platinplatte, welche, wenn sie ganz eingetaucht ist, sich nur sparsam mit Bläschen bekleidet, eine lebhafte Gasentwicklung zeigt, wenn sie nur noch mit $\frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{16}$ ihrer Fläche in die Flüssigkeit gesenkt ist. (Noch auffallender zeigt diese Erscheinung ein blofser Platindraht.)

Diese Ketten sind, vermöge der bei ihnen stattfindenden Polarisation, mit Eigenschaften begabt, welche die Anwendung der gedachten Methoden, wenn nicht

Mit dem Eintritt dieser Gasentwicklung ist aber die sonst so groſse Constanz der Grove'schen Kette vernichtet. Der Strom zeigt zwar keinen abnehmenden Gang; allein er ist in beständiger Fluctuation begriffen, so daſs eine genaue Messung nicht mehr möglich ist.

Will man also einen constanten Strom behalten, so darf man (wenigstens unter den vorhin genannten Umständen) die Platten der Grove'schen Kette (und ceteris paribus aller übrigen Ketten gleicher Art) nicht zu sehr verkleinern, — und doch müssen sie bedeutend verkleinert werden, wenn man damit eine erhebliche Schwächung der Gesammtstärke des Stroms bewirken will.

Dieſs Mittel zur Schwächung ist also ganz unthunlich, und das andere, der Einschaltung eines langen Drahts, führt den Nachtheil herbei, daſs dadurch die Empfindlichkeit der Angaben des Instruments sehr vermindert wird.

Deshalb habe ich bei der Sinusbussole einen anderen Weg eingeschlagen. Ich verzweige nämlich den Strom in zwei Theile, mache den einen Zweig etwas länger, und lasse ihn in entgegengesetzter Richtung mit dem andern um die Magnetnadel laufen. Dadurch wird die *Wirkung* des Stroms *auf die Nadel* geschwächt, ohne daſs der *Strom selbst* eine Schwächung erfährt. Man hat die Wirkung auf die Nadel ganz in seiner Gewalt, da man den Unterschied in der Länge oder dem Widerstand der Zweige ganz nach Belieben abändern kann.

Diese Vorrichtung bietet nun zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft und des Widerstandes einer galvanischen Kette eine Methode dar, die, in gewisser Hinsicht, das Mittel hält zwischen den vorhin genannten, indem sie auf eine gleichzeitige Abänderung beider eben genannten Elemente zurückkommt.

Bezeichnet man nämlich mit k die elektromotorische Kraft, mit r den Widerstand in den ungespaltenen Theil des Stroms, mit l und nl den Widerstand in den beiden Zweigen desselben, so findet man für die Stromstärke i, so wie sie durch die Ablenkung der Magnetnadel gemessen wird, den Ausdruck:

$$i=\frac{\frac{n-1}{n+1}k}{r+\frac{n}{n+1}l}.$$

Für ein anderes n hat man analog:

ganz verbieten, doch wenigstens ungemein beeinträchtigen und beschränken.

In der Regel nämlich nimmt bei diesen Ketten die Stromstärke, vom Moment der Schliefsung an, sehr rasch und fortwährend ab, so dafs in dieser Periode gar keine Messung möglich ist. Erst nach geraumer Zeit, wann die Stromstärke auf einen unbedeutenden Werth herabgesunken ist, tritt ein beständiger oder der Beständigkeit nahe kommender Zustand ein.

Allein auch dieser Zustand ist sehr instabil. Abgesehen davon, dafs er sich augenblicklich verändert zeigt, so wie man nur auf kurze Zeit die Kette geöffnet hat, findet man, dafs schon eine blofse Verlängerung oder Verkürzung des Schliefsdrahtes, ohne Oeffnung der Kette, einen störenden Einflufs auf ihn ausübt; denn, wenn man zu der ursprünglichen Länge jenes Drahts zurückgeht, erhält man selten oder nie die anfangs bei derselben beobachtete Stromstärke.

$$i' = \frac{\frac{n'-1}{n'+1}k}{r + \frac{n'}{n'+1}l}$$

und aus diesen beiden Gleichungen lassen sich dann k und r bestimmen.

Diese Methode bietet in theoretischer Hinsicht manches Interesse dar, hat aber für *constante Ketten* keine Vorzüge vor den bereits angeführten. Die Rechnung nach ihr ist weitläufiger, und sie erfordert eine grofse Genauigkeit in Messung der Drähte, welche die Zweige bilden, wenigstens sobald die Werthe von n sich sehr der *Eins*, d. h. die Längen dieser Drähte sich sehr der *Gleichheit* nähern, weil dann eine kleine Abänderung in diesem Elemente eine sehr bedeutende in der Wirkung auf die Magnetnadel nach sich zieht. Da übrigens der Widerstand der Kette und folglich die Stärke ihres Stroms hiebei nur unbedeutende Veränderungen erfahren, so würde die Methode vermöge dieser Eigenthümlichkeit für solche Fälle zu empfehlen seyn, wo dergleichen Veränderungen schädlich wirken, wenn nicht am Ende für dergleichen Fälle die später zu beschreibende Methode doch vortheilhafter wäre.

Eine gleiche Erscheinung zeigt sich in den seltenen Fällen, wo es glückt, Ketten zu construiren, welche nicht die erwähnte Wirkungsabnahme darbieten. Merkwürdigerweise nämlich erhält man zuweilen mit einer gewöhnlichen Zink-Kupfer-Kette nicht nur einen verhältnifsmäfsig sehr starken, sondern auch sehr beständigen Strom; allein diese Beständigkeit wird meistentheils augenblicklich vernichtet, sobald man mit der Länge des Schliefsdrahts eine rasche Veränderung vornimmt, ohne übrigens die Kette im Geringsten zu öffnen.

Selbst wenn man sich auf den mit der Zeit eintretenden constanten Zustand beschränkt, stellt sich noch eine grofse Schwierigkeit in den Weg.

Versucht man nämlich nun, die elektromotorische Kraft und den Widerstand, nach der Ohm'schen Methode, für verschiedene Längen des Schliefsdrahts zu bestimmen; so findet man, ganz in der Regel, für beide Elemente um so gröfsere Werthe, je länger man den Draht genommen hat. Die elektromotorische Kraft und der Widerstand zwischen den Platten, in der Flüssigkeit, sind also bei diesen Ketten, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, Functionen des Gesammtwiderstands.

Wenn diefs aber der Fall ist, und das ist es wirklich, so leuchtet ein, dafs das ganze Mefsverfahren illusorisch wird. Denn, wenn in den beiden Formeln

$$i=\frac{k}{r+l} \qquad i'=\frac{k}{r+l'}$$

bei verschiedener Länge l, l' des Schliefsdrahtes, k und r nicht einerlei Werthe behalten, so kann von einer Elimination dieser beiden Gröfsen offenbar nicht mehr die Rede seyn.

Freilich ist es wahr, dafs die Veränderungen der in Rede stehenden Elemente um so geringfügiger werden, je mehr der Gesammtwiderstand vergröfsert und in Folge defs die Stromstärke geschwächt wird. Und diefs allein erklärt, wie Fechner bei Anwendung der Ohm'-

schen Methode auf inconstante Ketten taugliche Resultate erhalten konnte; denn bei allen Fechner'schen Messungen war der Widerstand grofs und die Stromstärke gering.

Man mufs indefs erwägen, dafs wenn auch, bei einem schwachen Strom, kleine Aenderungen der Stromstärke keinen erheblichen Einflufs auf die elektromotorische Kraft und den Widerstand zwischen den Platten, in der Flüssigkeit, ausüben mögen, diese Einflufslosigkeit doch auch zum Theil nur scheinbar seyn kann, sobald nämlich die Schwäche des Stroms durch Einschaltung eines grofsen Widerstands hervorgebracht worden ist.

Je gröfser nämlich der Gesammtwiderstand ist, desto kleiner ist der Einflufs, den eine Aenderung von k und r auf die Stromstärke i ausübt, und um so genauer mufs also diese Stärke gemessen werden, wenn sie noch kleine Aenderungen in jenen Elementen nachweisen soll.

Ist z. B. die elektromotorische Kraft $=1$, und der Gesammtwiderstand $=100$, so mufs offenbar die Messung der Stromstärke bis zu $\frac{1}{1000}$ dieser Stärke reichen, wenn durch sie in der elektromotorischen Kraft noch eine Veränderung von $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen Werthes angezeigt werden soll, Fechner's Messungen besitzen aber meistens lange nicht die Genauigkeit, dafs sie $\frac{1}{1000}$ der Stromstärke verbürgen könnten.

Ueberdiefs, und das ist die Hauptsache, wenn man auch, durch Anwendung der Ohm'schen Methode auf inconstante Ketten, Werthe für die elektromotorische Kraft erhalten kann, die hinreichen, verschiedene allgemeine Sätze der Theorie des Voltaismus mit befriedigender Annäherung darzuthun, — wie diefs allerdings durch Fechner's verdienstvolle Untersuchungen geschehen ist, — so sind diefs doch *stark getrübte*, durch die Polarisation bedeutend *geschwächte Werthe*, welche uns keinen Aufschlufs darüber geben, wie grofs die elektromotorische Kraft für eine bestimmte galvanische Combination

seyn kann. — Wo es also darauf ankommt, diefs zu wissen, ist die Ohm'sche Methode ganz unbrauchbar.

Nach diesen Erörterungen will ich nun zu derjenigen Methode übergehen, die mir allen billigen Ansprüchen zu genügen scheint.

Sie unterscheidet sich wesentlich von allen bisher angeführten dadurch, dafs bei ihr *nicht* der *Strom* einer Kette gemessen wird, sondern blofs die *Tendenz* zu demselben.

Die Idee zu dieser Methode habe ich bereits in einem früheren Aufsatz ausgesprochen, war aber damals nicht im Stande sie zu verwirklichen.

Ich äufserte nämlich damals, der sicherste Weg, die elektromotorische Kraft einer inconstanten Kette zu bestimmen, scheine mir der zu seyn: den Strom einer solchen Kette gar nicht zur Wirksamkeit kommen zu lassen, ihn nämlich durch einen magneto-elektrischen Strom von vorn herein zu compensiren und dann die elektromotorische Kraft des letzteren zu messen.

Die Verwirklichung dieser Idee scheiterte an dem Mangel einer magneto-elektrischen Maschine, wie sie hiezu erforderlich ist, d. h. einer solchen, die einen Strom von constanter und beliebig abzuändernder Stärke giebt. Solch ein Strom ist, von einiger Stärke, nur durch Rotation eines Magneten um seine Axe zu erlangen, und, da dabei keine multiplicatorischen Vorrichtungen anzubringen sind, macht er sehr kräftige Magnete und grofse Rotationsgeschwindigkeiten nöthig. Jedenfalls würde eine Maschine der Art, wenn sie Erhebliches leisten soll, bedeutend kostspielig werden.

Seit der Zeit bin ich nun durch eine andere Betrachtung darauf geführt worden, dafs eine magneto-elektrische Maschine der bezeichneten Art zum Behufe der erwähnten Compensation oder Aequilibrirung entbehrt wer-

den kann, indem sich diese Aequilibrirung, vielleicht genauer als durch eine solche Maschine, schon auf galvanischem Wege bewerkstelligen läfst.

Wiewohl die elektromotorischen Kräfte hydro-elektrischer Ketten Gröfsen sind, welche sich geradezu nicht von jedem verlangten Werthe darstellen lassen, so zeigte sich dennoch, dafs es ein Mittel giebt, sobald man einmal *Eine* solche Kraft von constanter Beschaffenheit besitzt, jeden beliebigen aliquoten Theil davon abzweigen und zu jener Aequilibrirung verwenden zu können. Diefs Mittel liegt in der *Theorie der zusammengesetzten Kette.*

Unter *zusammengesetzter* Kette verstehe ich diejenige galvanische Combination, wo mehre einfache Ketten wiederum zur einfachen Kette verbunden sind.

Die Theorie dieser Kette ist erst in neuerer Zeit genauer berücksichtigt worden. Ohm und Fechner haben, so weit ich finden kann, nur den Fall betrachtet, wo die partiellen Ketten von gleicher Kraft sind. Dieser Fall ist der einfachste, und seine Betrachtung reducirt sich auf die des Einflusses der Plattengröfse.

Der erste, der, meines Wissens, den allgemeinen Fall einer Ungleichheit der partiellen Ketten berücksichtigt hat, ist Pouillet [1]). Er hat für diesen Fall einige Messungen gemacht und einige Formeln gegeben, letztere indefs ohne Herleitung, die erst später von Vorsselman de Heer [2]) und Henrici [3]) dazu geliefert ward.

Alle drei haben die Theorie aber nicht in ihrer ganzen Allgemeinheit aufgefafst, und somit ist ihnen die Folgerung entgangen, die sich aus derselben ableiten läfst.

Es sey mir daher verstattet, diese Theorie hier in Kürze zu entwickeln.

Die Grundidee derselben kommt mit der überein,

1) Annalen, Bd. XXXXII S. 281.

2) *Bulletin de scienc. phys. et nat. en Néerlande.* 1839. *p.* 319.

3) Annalen, Bd. LIII S. 277.

auf welcher die Theorie der Säule beruht. Bei der Säule ist es Hauptsatz, dafs die von den einzelnen Ketten erregten Ströme, je nach ihrer Richtung, sich addiren oder subtrahiren, ohne einander zu stören, dafs demnach, in Bezug auf irgend eine dieser Ketten, alle übrigen sich als blofse Leiter verhalten.

Bezeichnet man demnach mit k', k'', k''' ... die elektromotorischen Kräfte der die Säule zusammensetzenden Ketten, mit r', r'', r''' ... ihre Widerstände, und mit r den Widerstand des gemeinschaftlichen Schliefsungsdrahts, also mit $r+r'+r''+r'''$ ... den gesammten Widerstand in der Säule, so sind die Stärken der partiellen Ströme:

$$\frac{k'}{r+r'+r''+r'''+..}, \frac{k''}{r+r'+r''+r'''+..}, \frac{k'''}{r+r'+r''+r'''+..}$$

und ihre Summe oder:

$$\frac{k'+k'+k'''+...}{r+r'+r''+r'''+...}$$

ist der Ausdruck für die Stromstärke der Säule.

Die Versuche von Fechner und Pouillet haben diese Theorie erfahrungsmäfsig bestätigt. Auch ich habe mich experimentell von ihrer Richtigkeit überzeugt, zwar nur für zwei Ketten, aber für zwei Ketten sehr verschiedener Art, einen Fall, für welchen die Prüfung ein besonderes Interesse hat, und bis jetzt noch nicht vorgenommen worden ist.

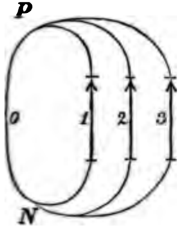
Es gab nämlich:

	Elektromot. Kraft.	Widerstand.
eine Grove'sche Kette	25,79	5,08
- Daniell'sche -	15,87	13,73
die Säule daraus, nach Theorie	41,66	18,81
- - - nach Erfahrung	41,62	18,91

Die Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung läfst also nichts zu wünschen übrig [1]).

1) Bei dieser Messung waren die Ketten, wie es gewöhnlich geschieht

Auf gleichem Grundsatz beruht nun die Theorie der zusammengesetzten Kette. Auch bei ihr wird angenommen, dafs der resultirende Strom aus der Superposition der partiellen Ströme hervorgeht, demgemäfs auf irgend eine der Ketten alle übrigen blofse Leiter sind.



Es seyen die gleich gerichteten Ketten 1, 2, 3, . . . in P und N mit einander verknüpft, und diese Punkte noch durch den Schliefsdraht 0 verbunden, wie es die beifolgende Figur, die eine Horizontalprojection des Systems vorstellen mag, verdeutlichen wird. Dann hat man zunächst folgende Gröfsen zu unterscheiden:

In:	0	1	2	3
Elektr. Kraft		k'	k''	k'''
Widerstand	r	r'	r''	r'''
Stromstärke				
wenn No. 1 wirkt	i	i'	i''	i'''
wenn No. 2 wirkt	i_2	i'_2	i''_2	i'''_2
wenn No. 3 wirkt	i_3	i'_3	i''_3	i'''_3
wenn alle wirken	I	I'	I''	I'''

in *gleicher* Richtung zur Säule verbunden. Verbindet man sie in *umgekehrter* Richtung, so dafs sie also einander entgegen wirken, so findet man keine so scharfe Uebereinstimmung zwischen der Erfahrung und Theorie, nicht weil die Thorie für diesen Fall unrichtig wäre, sondern weil dann eine secundäre Wirkung störend eintritt. Die Ströme wirken auch jetzt nicht direct auf einander; wohl aber wirkt der stärkere Strom auf die Quelle des schwächeren und somit indirect auf ihn selbst. In der That ist für den vorliegenden Fall leicht einzusehen, dafs wenn der Strom der Daniell'schen Kette durch den der Grove'schen überwältigt wird, die Metalle der ersteren in einen Zustand versetzt werden, der ihrem ursprünglichen ganz entgegengesetzt ist. Das Kupfer in der Kupferlösung wird zum positiven Metall, mufs sich also oxydiren, und am Zink findet eine Reduction statt. Die Kraft der schwächeren Kette wird demnach geschwächt, und daraus erklärt sich, dafs, wenn man die Ketten in umgekehrter Richtung verbunden hat, der Strom des Systems nicht nur

Nach dem angeführten Grundsatz und unter Berücksichtigung der Richtungen der partiellen Ströme ergeben sich hieraus für die totalen Ströme in den einzelnen Zweigen des Systems die Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} I &= i + i_2 + i_3 + \ldots \\ I' &= i' - i'_2 - i'_3 - \ldots \\ I'' &= i''_2 - i''_2 - i''_3 - \ldots \\ I''' &= i'''_3 - i''' - i'''_2 - \ldots \end{aligned}\right\} \quad (I)$$

. . . .

Es bleibt nun noch übrig, für die partiellen Ströme ihre Werthe aufzusuchen. Diefs geschieht mittelst der drei anderweitig als richtig anerkannten Sätze:

1) Dafs die Stärke eines Stromes in jedem seiner Querschnitte gleich grofs ist, der Strom mag verzweigt seyn oder nicht.

2) Dafs in den Zweigen eines Stromes die Stromstärken sich umgekehrt verhalten wie die Widerstände, also die Producte aus den Stromstärken in die Widerstände, d. h. die elektromotorischen Kräfte, einander gleich sind.

3) Dafs die gesammte elektromotorische Kraft einer Kette, da sie gleich ist dem Producte der Stromstärke in den gesammten Widerstand, auch gleich ist der Summe der in den einzelnen Längenstücken der Kette vorhandenen elektromotorischen Kräfte.

Hienach bilden sich, wenn man annimmt, es wirke blofs die Kette No. 1, die drei Gleichungen:

$$i' = i + i'' + i''' + \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$ir = i''r'' = i'''r''' = \ldots = h' \ldots \quad (2)$$

$$i'r' + h' = k' \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3) \ldots [1])$$

Führt

vom Anfange an etwas stärker ist als es die Theorie verlangt, sondern auch, je länger man die Verbindung unterhält, an Stärke zunimmt, wenn auch die Ketten, einzeln geprüft, kurz zuvor noch einen constanten Strom lieferten.

1) Substituirt man i, i'', i''' . . . aus (2) in (1) so erhält man die Gleichung:

Führt man nun, Kürze halber, die Hülfsgröfse:

$$s=\frac{1}{r}+\frac{1}{r'}+\frac{1}{r''}+\frac{1}{r'''}+\ldots$$

ein, so ergeben sich für die Stärke der partiellen Ströme in den Wegen 0, 1, 2, 3, die Werthe:

$$i=\frac{k'}{r'sr}\;;\; i'=\frac{k'(r's-1)}{r'sr'}\;;\; i''=\frac{k'}{r'sr''}\;;\; i'''=\frac{k'}{r'sr'''}\;;$$

analog findet man die partiellen Stromstärken für den Fall, dafs blofs die Kette No. 2 wirkt:

$$i_2=\frac{k''}{r''sr}\;;\; i'_2=\frac{k''}{r''sr'}\;;\; i''_2=\frac{k''(r''s-1)}{r''sr''}\;;\; i'''_2=\frac{k''}{r''sr'''}$$

und wenn blofs die Kette No. 3 wirkt:

$$i_3=\frac{k'''}{r'''sr}\;;\; i'_3=\frac{k'''}{r'''sr'}\;;\; i''_3=\frac{k'''}{r'''sr''}\;;\; i'''_3=\frac{k'''(r'''s-1)}{r'''sr'''}.$$

Für die totalen Stromstärken in den einzelnen Zweigen des Systems ergeben sich hienach, gemäfs den Gleichungen (I), folgende Werthe:

$$\left.\begin{aligned}
I &= \frac{1}{sr}\left\{\frac{k'}{r'}+\frac{k''}{r''}+\frac{k'''}{r'''}+\ldots\right\}\\
I' &= \frac{1}{sr'}\left\{\frac{k'(sr'-1)}{r'}-\frac{k''}{r''}-\frac{k'''}{r'''}-\ldots\right\}\\
I'' &= \frac{1}{sr''}\left\{\frac{k''(sr''-1)}{r''}-\frac{k'}{r'}-\frac{k'''}{r'''}-\ldots\right\}\\
I''' &= \frac{1}{sr'''}\left\{\frac{k'''(sr'''-1)}{r'''}-\frac{k'}{r'}-\frac{k''}{r''}-\ldots\right\}
\end{aligned}\right\}\quad\text{(II)}$$

$$i'=h'\left\{\frac{1}{r}+\frac{1}{r''}+\frac{1}{r'''}+\ldots\right\}$$

aus welcher auf die einfachste Weise hervorgeht, erstlich, dafs

$$\frac{1}{\frac{1}{r}+\frac{1}{r''}+\frac{1}{r'''}\ldots}$$

der vereinte Widerstand der Zweige 0, 2, 3 ... mit respective den Widerständen r, r'', r''' ... ist, und zweitens, dafs h' nicht blofs die elektromotorische Kraft dieser Zweige einzeln genommen, sondern auch die des daraus gebildeten Systems vorstellt. Die elektromotorische Kraft dieses Systems, addirt zu der des ungetheilten Stroms, ist aber gleich der der ganzen Kette. Dadurch entsteht die Gleichung (3).

nen Unterschied aus; da nun über die Werthe der darin enthaltenen Gröfsen nichts Besonderes festgesetzt ist, so kann man sie offenbar so wählen, dafs der Unterschied Null wird.

Setzt man demgemäfs z. B. $I''=0$, substituirt für s seinen Werth: $\frac{1}{r}+\frac{1}{r'}+\frac{1}{r''}$ und macht die nöthigen Reductionen, so ergiebt sich:

$$k''=\frac{r}{r+r'}k' \qquad \text{(VII)}$$

Wenn man diesen Werth von k'' in den beiden ersten Gleichungen substituirt, so kommt:

$$I'=I=\frac{k'}{r+r'} \qquad \text{(VIII)}$$

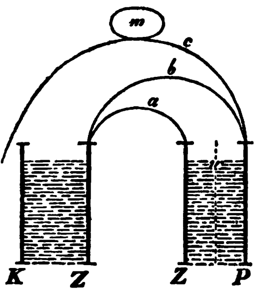
und die Verknüpfung dieser Gleichung mit der vorhergehenden liefert:

$$k''=rI \qquad \text{(IX)}$$

Die Gleichungen (VII) und (IX) geben nun zwei Wege an die Hand den Strom, den eine Kette zu erregen trachtet, vollkommen an seiner Entstehung zu hindern, und durch die Kraft, welche dazu nöthig ist, die elektromotorische Kraft der Kette, gleichviel ob sie einen constanten oder inconstanten Strom liefern würde, numerisch zu bestimmen oder in aliquoten Theilen der compensirenden Kraft auszudrücken.

Erstes Verfahren.

Man nehme irgend eine *constante* Kette von grofser Kraft, am besten eine Grove'sche, und bestimme, nach der Ohm'schen Methode, ihre elektromotorische Kraft k' und ihren Widerstand.



Nun verbinde man sie mit der *inconstanten* Kette, deren elektromotorische Kraft k'' ermittelt werden soll, z. B. mit einer gewöhnlichen *Zink-Kupfer-Kette*, auf folgende Weise. Man verknüpfe durch einen Draht *a* die *Zinkplatten* beider Ketten, und durch einen Draht *b* die *Zinkplatte* der inconstanten Kette mit der *Platinplatte* der constanten; endlich führe man noch einen Draht *c*, der irgendwo einen empfindlichen Multiplicator *m* einschliefst, von dieser Platinplatte zu der *Kupferplatte* oder überhaupt der *negativen* Platte der inconstanten Kette, ohne ihn indefs in dauernder Verbindung mit ihr zu halten.

Der Draht *a* nebst den Flüssigkeiten *w* der constanten Kette liefern zusammen den Widerstand r'; der Draht *b* gewährt den Widerstand *r*. Wenn diese beiden Widerstände in das rechte Verhältnifs zu einander gebracht sind, wird in dem Draht *c* der Strom Null seyn, und diefs erkennt man daran, dafs, bei *momentaner* Schliefsung mit diesem Draht, die Nadel des Multiplicators *m* durchaus keine Bewegung macht.

Natürlich kann man diefs Verhältnifs nicht auf den ersten Wurf treffen. Vielmehr wird, ganz in der Regel, beim Schliefsen mit dem Draht *c*, die Galvanometernadel eine Bewegung machen, und zwar zu Gunsten der *inconstanten* Kette, wenn der Draht *b* zu *kurz*, und zu Gunsten der *constanten* Kette, wenn er zu *lang* ist. Durch ein Paar Proben, wobei man den Draht *b* zweckmäfsig verlängert oder verkürzt, findet man indefs leicht diejenige Länge, welche in dem Draht *c* entweder keinen oder nur einen höchst schwachen Strom aufkommen läfst.

Diefs ist als eine erste Annäherung zum richtigen

Verhältnifs zwischen r und r' zu betrachten. Man lä
nun die inconstante Kette, durch Abhebung des Draht
c von ihrer Kupferplatte, eine Zeit lang ungeschlossen
stehen, damit die Polarisation, welche sie bei den succes
siven, wenn auch nur momentanen Schliefsungen erlitten
hat, wieder verschwinde; oder, noch besser, man nim
die negative Platte derselben zur Flüssigkeit heraus, rei
nigt sie, falls man sie angegriffen findet, und stellt si
wieder hinein [1]).

Momentane Schliefsungen mit dem Draht c werden
nun in diesem wiederum einen Strom nach der ein
oder andern Seite erkennen lassen; allein da man
Compensationspunkte schon sehr nahe ist, so wird
Strom sehr schwach seyn, derselbe wird nur noch e
sehr geringen nachtheiligen Einflufs auf die Platte
inconstanten Kette ausüben, und nach ein Paar Pr
wird man leicht den Punkt finden, wo ein so vollk
menes Gleichgewicht zwischen beiden Ketten statt
dafs die Nadel auch eines sehr empfindlichen Galv
meters bei der momentanen Schliefsung gänzlich in
bleibt.

Hat man nun für diesen Gleichgewichtspunkt d
Drahtlänge oder den Widerstand r gemessen, so ergi
sich die elektromotorische Kraft k'' der inconstanten Ket
durch die Gleichung:

$$k'' = \frac{r}{r+r'} k'$$

Die Genauigkeit des Resultats hängt ab:

1) von der Genauigkeit und Sorgfalt, mit welch
die Compensation bewerkstelligt worden; sie erforde

1) Um diefs mit Leichtigkeit zu bewerkstelligen, sind eben die Ketten mit einander verbunden, dafs ihre negativen Platten nach aufsen steh sonst könnten natürlich auch die positiven Platten beider Ketten aufsen gekehrt seyn. Fände man übrigens die positive Platte constanten Kette ebenfalls angegriffen, so müfste auch diese werden.

einen sehr empfindlichen Multiplicator und möglichste Ausschliefsung der Polarisation auf dem angegebenen Wege;

2) von der Constanz und genauen Kenntnifs der elektromotorischen Kraft k';

3) von der richtigen Bestimmung der Widerstände r und r'.

Auf den Widerstand r'' der inconstanten Kette kommt es bei dieser Methode gar nicht an, da er, wie man sieht, nicht in der Gleichung (VII) enthalten ist. Man kann daher den Draht c beliebig lang oder kurz machen, auch die Platten beliebig grofs oder klein nehmen, nah oder fern stellen; alles dieses ist gleichgültig, da die Flüssigkeit zwischen den Platten hier nur in sofern in Betracht kommt als sie abändernd auf die elektromotorische Kraft einwirkt, und diese Einwirkung ist unabhängig von den Dimensionen.

Dagegen ist die genaue Kenntnifs der Widerstände r und r' ein wesentliches Erfordernifs. Der letztere, nämlich r', schliefst den Widerstand w ein, welcher zwischen den Platten der constanten Kette, in der Flüssigkeit, vorhanden ist. Man könnte ihn ganz darauf zurückführen, wenn man den Draht b, statt ihn mit der *Zinkplatte* der *inconstanten* Kette zu verbinden, mit der *Zinkplatte* der *constanten* Kette verbände, also mit ihm geradezu die letztere Kette schlösse.

Allein der Widerstand w ist bei der Grove'schen Kette nur eine kleine Gröfse, und wenn man ihn allein gebrauchen wollte, würde nothwendig auch r nur klein ausfallen. Beide müfsten aber dann mit sehr grofser Genauigkeit gemessen werden, wenn die Bestimmung von k'' sicher seyn soll.

Aus diesem Grunde verbinde ich die *Platinplatte* der *constanten* Kette mit der *Zinkplatte* der *inconstanten*, wodurch denn der Draht a mit in den Widerstand kommt, und man es ganz in seiner Macht hat, diesen

Widerstand beliebig grofs zu machen. Bei meinen bisherigen Versuchen war a ein Neusilberdraht von $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser und beinahe 30 Zoll Länge.

Vortheilhaft würde es in mancher Beziehung seyn, ihn noch viel länger zu nehmen, nämlich so lang, dafs der Widerstand w zwischen den Platten der constanten Kette ganz gegen ihn verschwände, man diesen also gar nicht mehr zu berücksichtigen brauchte. Dadurch würde man sich unabhängig machen von den Fehlern, die in der Bestimmung dieses Elements begangen wären, und wohl nie ganz zu vermeiden sind. Allein dann müfste man auch eine Vorrichtung haben, welche erlaubte, dem Draht b eine sehr grofse Länge zu geben und ihn dabei noch genau zu messen.

Ich bewerkstellige die Messung des Drahts b dadurch, dafs ich an einer Stelle desselben das Instrument einschalte, welches ich *Widerstandsmesser* genannt, und in einer früheren Abhandlung beschrieben habe [1]). Das Exemplar, welches ich zu dieser Untersuchung anwandte, hatte nur einen mäfsigen Umfang, und daher mufste ich mich für den Draht a auf die angegebenen Dimensionen beschränken. Indefs behält bei diesen Dimensionen des Drahts a, selbst bei kleinen Werthen der elektromotorischen Kraft k'', der Draht b noch eine Länge, bei welcher Fehler der Messung keinen zu grofsen Einflufs auf das Resultat bekommen.

Bei meinen Versuchen betrug die Länge des Drahts b (der gleichfalls aus Neusilber bestand und $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser hielt), z. B. für *Zink-Kadmium*, rund gerechnet, noch 8 Zoll. Da nun die Längen-Messung, ohne alle mikrometrische Vorrichtung, wohl bis $\frac{1}{8}$ Lin. verbürgt werden kann, so läfst sich schon mit den angeführten Drahtlängen ein genügendes Resultat erlangen. Je negativer übrigens das mit Zink combinirte Metall ist, desto gröfser wird natürlich die Drahtlänge b und desto höher also die Genauigkeit der Messung desselben.

1) S. Annalen, Bd. LII S. 511.

Die Richtigkeit der Principien, auf welche die so eben auseinandergesetzte Methode gegründet ist, leidet wohl keinen Zweifel. Dennoch schien es mir nicht überflüssig, sie einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen.

Man sieht leicht, dafs diefs geschehen kann, wenn man statt der *inconstanten* Kette eine andere *constante* nimmt, deren elektromotorische Kraft man zuvor nach der Ohm'schen Methode genau bestimmt hat. Ist die Compensationsmethode richtig, so mufs sie natürlich für diese Kraft denselben Werth geben.

Ich habe drei Mal eine solche Prüfung vorgenommen, und zwar mit Hülfe einer Daniell'schen Kette. Als compensirende Kette diente eine Grove'sche. Folgendes waren die Resultate.

Erster Vergleich.

Nach der Ohm'schen Methode:

Grove $k'=25,886$, Daniell $k''=15,435$ folglich $\frac{k'}{k''}=1,677$

Nach der Compensationsmethode:

$r'=35,03$, $r=52,68$ . . . . folglich $\frac{r+r'}{r}=1,668$

Zweiter Vergleich.

Nach der Ohm'schen Methode:

Grove $k'=24,438$, Daniell $k''=15,006$ folglich $\frac{k'}{k''}=1,6285$

Nach der Compensationsmethode:

$r'=36,16$, $r=59,01$ . . . . folglich $\frac{r+r'}{r}=1,6043$

Dritter Vergleich.

Grove $k'=24,554$, Daniell $k''=14,776$ folglich $\frac{k'}{k''}=1,6618$

$r'=35,76$, $r=58,84$ . . . . folglich $\frac{r+r'}{r}=1,6078$

Obwohl ich fest überzeugt bin, daſs sich bei wiederholten Prüfungen solcher Art eine weit gröſsere Uebereinstimmung erreichen läſst, so wird doch schon die vorstehende eine hinreichende Bürgschaft von der Zuverlässigkeit der Compensationsmethode gewähren.

Zweites Verfahren.

Mittelst des eben beschriebenen Verfahrens könnte man ohne Schwierigkeit im Laufe einiger Stunden eine ziemliche Anzahl von Messungen ausführen. Bei einer so lange fortgesetzten Operation stände aber zu besorgen, daſs die constante Kette, deren man sich zur Compensation bedient, ihre Unveränderlichkeit nicht fortdauernd in aller Strenge behielte; man wäre daher genöthigt, die Bestimmung ihrer elektromotorischen Kraft und ihres Widerstandes von Zeit zu Zeit zu wiederholen, und das würde mindestens etwas lästig seyn.

Dieser wiederholten Prüfung, so wie überhaupt der gesonderten Bestimmung beider Elemente der constanten Kette ist man indeſs überhoben, ohne an Genauigkeit der Resultate etwas zu verlieren, wenn man die Gleichung (IX) zum Grunde legt. Nach dieser ist:

$$k''=rI,$$

d. h. die elektromotorische Kraft der inconstanten Kette, für den Fall des Gleichgewichts, gleich dem Product aus dem Widerstand des Drahtes b und der Intensität des darin vorhandenen Stroms (welcher Intensität, für diesen Fall, übrigens auch die I' im Drahte a gleich ist).

Um also die gesuchte elektromotorische Kraft zu erhalten, braucht man nur in den Draht b, neben dem Widerstandsmesser, noch ein galvanometrisches Instrument einzuschalten, dann, wie früher gezeigt, zu verfahren, und wenn dadurch in dem Draht c der Strom auf Null gebracht ist, die Länge des Drahts b und die Stärke des darin vorhandenen Stroms zu messen. Geschieht letzteres durch die Sinusbussole und ist α der Ablen-

kungswinkel der Nadel, so hat man dann die elektromotorische Kraft durch den Ausdruck:

$$k'' = r . \sin a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(X)}$$

Wie leicht zu erachten, braucht, bei diesem Verfahren, die constante Kette nicht Stunden lang ihre Unveränderlichkeit streng zu bewahren. Es genügt, daſs sie während Einer Bestimmung von k'', die höchstens eine Viertelstunde dauert, unverändert bleibe, und einen solchen Grad von Beständigkeit besitzt eine jede wohl construirte Grove'sche Kette, nachdem sie einmal auf einen festen Zustand gelangt ist, überreichlich.

Was für Werthe übrigens die Elemente der constanten Kette von einer Compensation zur andern besitzen, ist ganz gleichgültig; sie haben keinen Einfluſs auf die Zahl, welche man, durch dieſs Verfahren, für die elektromotorische Kraft der inconstanten Kette erhält. Es ist nur nöthig, daſs diese Werthe, wie sie gerade sind, wirklich zu der Rechnung benutzt werden, und das geschieht hier immer, da sie in der gemessenen Intensität implicite enthalten sind.

Es schien mir von Interesse, die beiden, von den Gleichungen (VII) und (X) angezeigten Methoden experimentell mit einander zu vergleichen, um zu sehen, wie weit ihre Resultate übereinstimmen würden. Ich habe zwei Mal einen solchen Vergleich unternommen, und zwar an einer *Kadmium-Kupfer-Kette*, die in einem Gemisch von 1 Th. Schwefelsäure + 16 Th. Wasser stand. Als constante Kette diente eine Grove'sche, die mit einer schon oft gebrauchten Salpetersäure construirt war, und deshalb nur eine relativ schwache elektromotorische Kraft besaſs.

Nachstehendes waren nun die Resultate dieser Untersuchung:

Erster Vergleich.

Grove:	
$k' = 17{,}995$	$r' = 29{,}25 + 4{,}87$
$w = 4{,}87$	$r = 23{,}52$
	$a = 18^{0}\ 25'$

also:

$$k'' = \frac{r}{r + r'} k' = 7{,}343$$

$$k'' = r . \sin a \quad = 7{,}430.$$

Zweiter Vergleich (eine Stunde darauf).

Grove:	
$k' = 18{,}201$	$r' = 29{,}25 + 5{,}14$
$w = 5{,}14$	$r = 23{,}27$
	$a = 18^{0}\ 40'$

also:

$$k'' = \frac{r}{r + r'} k' = 7{,}346$$

$$k'' = r . \sin a \quad = 7{,}447.$$

In beiden Fällen gab die erste Methode eine etwas kleinere Zahl als die zweite; ich glaube indefs genügende Gründe zu haben, diefs nur für eine zufällige Abweichung halten zu dürfen, und jedenfalls ist sie gering genug, um vernachlässigt werden zu können und die Annahme zu rechtfertigen, dafs beide Methoden, bei sorgfältiger Ausführung, ein gleich gutes Resultat gewähren.

Anwendung des Compensationsverfahrens.

Obwohl ich bisher noch nicht Mufse finden konnte, die Compensationsmethoden in befriedigender Schärfe auf alle die Fälle anzuwenden, wo es wünschenswerth zu seyn scheint, so glaube ich doch vorläufig eine solche Anwendung als Beispiel hier mittheilen zu dürfen, zumal das dabei gelöste Problem eben Veranlassung zur Aufsuchung dieser Methoden gegeben hat.

Bekanntlich wird, wenn man Eisen und Kupfer in einer verdünnten Säure zur Kette schliefst, der Sauerstoff des zersetzten Wassers zum ersteren Metall geführt,

und, wenn man eine Zink-Eisen-Kette in umgekehrter Richtung mit einer Zink-Kupfer-Kette verbindet, hat letztere das Uebergewicht. Beide Thatsachen beweisen, dafs das Eisen, in verdünnter Säure, ein positiveres Metall als das Kupfer ist, und, demgemäfs, mit Zink combinirt, eine geringere elektromotorische Kraft entwickelt als das Kupfer.

Nichts destoweniger ist, wie Hr. Roberts gefunden, der Strom einer aus Zink, Eisen und verdünnter Säure gebildeten Kette (wenigstens bei mäfsigem Widerstande) [1]) beträchtlich stärker als der einer ähnlichen Zink-Kupfer-Kette, und, wie ich gezeigt habe [2]), gilt dasselbe auch von der elektromotorischen Kraft, wenn sie bei diesen Ketten, einzeln genommen, nach der Ohmschen Methode bestimmt wird.

Diefs letztere Resultat, welches offenbar nur die Folge einer Polarisation seyn kann, machte mich begierig, die Gröfse oder wenigstens das Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte beider Ketten in ihrem unveränderten Zustande kennen zu lernen, und daher wandte ich dann, nachdem andere Mittel sich als unzulänglich erwiesen hatten, die erste der vorhin beschriebenen Compensationsmethoden an.

Die zur Compensation dienende Grove'sche Kette besafs, nach der Ohm'schen Methode bestimmt, eine elektromotorische Kraft $k'=22{,}882$ und einen Widerstand $w=5{,}47$ Zoll Neusilberdraht von $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser. In demselben Maafse ausgedrückt war der Widerstand des Drahts $a=29{,}25$, folglich $r'=29{,}25+5{,}47=34{,}72$. Die Platten der inconstanten Ketten standen in einem Gemisch von 1 Gwth. concentrirter Schwefelsäure und 16 Gwth. Wasser.

1) Annal. Bd. LIII S. 438.

2) Ebendaselbst, S. 439.

Nach der S. 181 auseinandergesetzten Methode ergaben sich nun folgende Werthe für r und k'':

	r.	$k''=\frac{r}{r+r'}k'$.
Amalgam. Zink-Kupfer	52,68	13,792
Amalgam. Zink-Eisen	16,59	7,399
Eisen-Kupfer	12,34	6,000

Eine zweite Reihe von Messungen, 14 Tage später unternommen, bei welcher $k'=24,040$ und $w=4,85$, also $r'=29,25+4,85=34,10$, und die Platten der inconstanten Ketten in einem Gemisch von 1 Gwth. concentrirter Schwefelsäure und 12 Gwth. Wasser standen, gab:

	r.	k''.
Amalgam. Zink-Kupfer	46,09	13,815
Amalgam. Zink-Eisen	15,29	7,442

Die Resultate beider Messungen zeigen übereinstimmend, dafs, so lange man den Strom nicht in Wirksamkeit treten läfst, die elektromotorische Kraft bei der Zink-Kupfer-Kette gröfser ist als bei der Zink-Eisen-Kette, dafs demnach das umgekehrte Verhältnifs, welches nach eingetretenem Strome stattfindet, nur aus der Polarisation entspringt, die bei der Kupferkette gröfser als bei der Eisenkette ist, und zwar um so gröfser je kleiner der Widerstand und je gröfser in Folge defs die Stromstärke ist.

Die gefundenen Zahlenwerthe können nicht auf die letzte Genauigkeit Anspruch machen; allein es erhellt doch aus ihnen zur Genüge, dafs, wie es die Theorie verlangt, der Werth von k' keinen Einflufs hat auf den von k'', wenn dieser nur sonst constant ist; denn k' war ein Mal $=22,882$ und das andere Mal $=24,040$, und dennoch schwankte k'' für Zink-Kupfer und Zink-

Eisen so wenig, dafs die Unterschiede, wenn sie überhaupt wahrhafte sind, nur dem verschiedenen Verdünnungsgrade der Säuren zugeschrieben werden können.

Endlich ersieht man, dafs, wenigstens annähernd, das *Volta'sche Gesetz der Spannungen sich auch hier für die elektromotorischen Kräfte als gültig erweist*, denn:

$$7{,}399 + 6{,}000 = 13{,}399,$$

d. h. die elektromotorische Kraft von Zink-Eisen addirt zu der des Eisen-Kupfers ist nahe gleich der des Zink-Kupfers. Ob das Gesetz in aller Strenge gültig sey, wie Fechner glaubt, freilich nur gestützt auf Versuche, bei denen die Polarisation nicht ausgeschlossen war [1]), hoffe ich durch künftige Messungen zu entscheiden.

Nimmt man Alles zusammen, was in vorliegender Abhandlung über die Bestimmung der elektromotorischen Kraft inconstanter Ketten gesagt worden ist, so glaube ich, wird man die Ansicht theilen, dafs diefs wichtige und bisher gleichsam unfafsbare Element durch die beschriebenen Verfahrungsweisen so genau in Zahlen ausgedrückt werden kann, als es beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft nur irgend erforderlich seyn dürfte.

II. *Ueber den temporären Magnetismus des gehärteten Stahls.*

Vor längerer Zeit habe ich zu zeigen gesucht, was übrigens vor mir schon von Barlow gezeigt, aber nicht allgemein anerkannt worden ist, dafs selbst der härteste

1) Der einfachste Versuch der Art ist in den Annalen, Bd. XXXXIII S. 433 beschrieben.

Stahl einen vorübergehenden Magnetismus anzunehmen vermag, nur nicht in dem Grade wie weiches Eisen. Ich schlofs diefs aus der sonderbaren Erscheinung, zu welcher die Wirkung eines Stroms von schnell wechselnder Richtung auf eine Magnetnadel Anlafs giebt, und, nachdem ich die Thatsache anderweitig bestätigt hatte, benutzte ich sie umgekehrt zur Erklärung der erwähnten Erscheinung [1]). Seitdem ist diese Erklärung hie und da in Zweifel gezogen worden, — ich glaube zwar nicht mit Grund; dennoch aber wird es nicht ohne Interesse seyn, einen Versuch kennen zu lernen, durch welchen man auf eine sehr einfache und, wie mir scheint, höchst überzeugende Weise den temporären Magnetismus des harten Stahles nachweisen kann.

Man nehme eine kleine Nähnadel von möglichst hartem Stahl, prüfe sie sorgfältig auf etwaigen Magnetismus und, wenn man sich überzeugt hat, dafs sie vollkommen unmagnetisch ist, hänge man sie an einem Coconfaden dicht über ein Drahtgewinde auf, das die Form eines Multiplicators besitzt. Mittelst der Torsion des Fadens gebe man der Nadel einen kleinen Winkel gegen die Drahtwindungen und leite nun durch diese einen Strom. Augenblicklich wird sich die Nadel senkrecht gegen die Windungen stellen (vorausgesetzt, ein Hemmnifs hindere sie am Umschlagen); so wie man aber den Strom unterbricht, wird sie in ihre frühere Lage zurückkehren, und so unmagnetisch seyn wie zuvor, sobald nur der Strom den rechten Grad von Stärke nicht überschritten hat. — Da die Nadel, so lange sie unmagnetisch ist, keine Einwirkung vom Strom erleiden kann, so ist wohl klar, dafs sie während der Dauer desselben mufs magnetisirt worden seyn.

P.

III.

1) Annalen, Bd. XXXXV S. 353.

III. *Ueber einige Apparate für subjective Farbenerscheinungen; von Franz Grafen Schaffgotsch.*

Die subjectiven oder complementären Farben lassen sich nach der Art ihres Auftretens füglich in temporäre und locale eintheilen.

I. Temporäre Ergänzungsfarben. Diploscop.

Wird das Auge nach anhaltender Betrachtung einer lebhaft gefärbten Fläche plötzlich auf eine weiſse gerichtet, so erscheint letztere bekanntlich mit einer der zuvor gesehenen Farbe entsprechenden complementären. Dieses durch die Succession zweier verschiedener Gesichtseindrücke vermittelte Blendungsphänomen ist an keinen bestimmten Ort auſserhalb des Auges gebunden, und der allmälig herbeigeführte anomale Zustand der Netzhaut geht wieder allmälig in den normalen zurück. Die Dauer und Deutlichkeit der Erscheinung ist zwar nach der Individualität des Beobachters verschieden; doch möchte wohl kein Auge für dergleichen Wahrnehmungen ganz ungeeignet seyn, so gewiſs als wohl Niemand aus hellem Sonnenschein in einen schwach erleuchteten Raum treten wird, ohne einen übermäſsigen, der Wirklichkeit nicht entsprechenden Mangel an Licht zu empfinden.

Es ist zu bemerken, daſs bei derartigen Versuchen, wenn sie auf gewöhnliche Weise angestellt werden, auſser dem gegenwärtigen Sinneseindrucke auch die Erinnerung in's Spiel kommt, indem man sich bei der subjectiven Färbung einer Fläche daran erinnern muſs, dieselbe Fläche früher weiſs, wie sie wirklich ist, gesehen zu haben. Diese Bedingung läſst sich aber, und, wie ich glaube, zum Vortheil des Experimentes, eliminiren,

wenn man beide Netzhäute gleichzeitig, jedoch verschiedenartig alterirt, und alsdann beiden eine und dieselbe Fläche darbietet. Nun wird, vorausgesetzt, dafs der dem einen Auge sichtbare Theil der Fläche dem andern verborgen bleibt, jedem Auge zu gleicher Zeit eine verschiedene subjective Farbe erscheinen. Diefs weniger überraschende, als auffallende Resultat läfst sich am besten mittelst eines einfachen Apparates gewinnen, welcher Diploscop heifsen mag, und folgende Einrichtung besitzt.

Auf einem kleinen Brette stehen zwei verticale Messingstäbe einige Zoll von einander entfernt. Der eine derselben trägt am oberen Ende eine Gabel, deren Arme in gleicher Höhe von zwei Zapfenlöchern durchbohrt sind, worin eine stählerne Axe sich mit Leichtigkeit drehen kann. An dem einen Ende dieser Axe ist ein hölzerner Knopf befestigt, an dem andern ein senkrecht aufsitzendes Plättchen. Aus der Mitte des letzteren ragt als Verlängerung der Axe ein kurzer, mit einem Schraubengewinde versehener Stift hervor, auf welchen ein messingenes Schräubchen von entsprechendem Gewinde pafst. Diese Vorrichtung dient dazu, eine runde, mitten durchbohrte Pappscheibe an der Axe zu befestigen, indem man sie auf den vorspringenden Stift steckt und mittelst der Schraube an die kleine Platte andrückt. Die vordere, d. h. dem Beobachter zugewandte Fläche der Pappscheibe ist durch einen Diameter getheilt, und trägt auf jeder Hälfte eine verschiedene Farbe, was man am leichtesten durch Ueberziehen mit buntem Papier erreicht. Beide Farben müssen lebhaft und von möglichst gleicher Helligkeit seyn. Man richtet mehrere Scheiben dieser Art vor, um sie beliebig mit einander vertauschen zu können. Der zweite Verticalstab trägt, und zwar in gleicher Höhe mit der gedachten Axe, zwei nach Art eines doppelten Opernguckers verbundene, der Axe parallele und innen schwarz lackirte Blechröhren, an dem einen

Ende weit genug, um die Augen beim Hindurchsehen vollkommen zu umschliefsen, am andern Ende etwa um die Hälfte enger. Die Länge der Röhren und ihr Abstand von der Pappscheibe mufs durchaus so genommen werden, dafs kein Lichtstrahl von der rechten Hälfte der Scheibe durch die linke Röhre oder von der linken Hälfte durch die rechte Röhre gelangen kann. (Siehe Fig. 10 *a* und *b* Taf. I.)

Der Versuch besteht in Folgendem: Man dreht die zweifarbige Scheibe so, dafs die Gränzlinie der Farben senkrecht steht, und hält die Augen so nahe als möglich an die weiten Mündungen der Blechröhren. Dann wird jedem Auge ein gefärbter Kreis erscheinen, welcher der verjüngten Mündung des Rohres entspricht. Wenn die Farben eine gewisse Mattigkeit erlangt haben, die bei fortgesetzter Betrachtung nicht zunimmt, so setzt man, ohne den Blick zu verwenden, die Farbenscheibe in schnelle Rotation, indem man den am hinteren Ende der Axe befindlichen Knopf zwischen den Fingern dreht. In diesem Augenblick und noch eine kurze Zeit nachher tauscht sich die Farbe der beiden Netzhautbilder um, es nimmt z. B. das rechte Auge Roth, das linke Grün wahr, wenn ersteres vor Bewegung der Scheibe auf Grün, letzteres auf Roth gerichtet war. Der Grund ist leicht einzusehen. Die durch rasche Umdrehung der Scheibe erzeugte Mischfarbe ist offenbar für das normale Auge aus gleichen Theilen ihrer Elemente zusammengesetzt; allein das für Grün abgestumpfte rechte Auge sieht nur noch den zweiten Bestandtheil der Mischfarbe, also Roth, und eben so das für Roth unempfindliche linke Auge nur noch das übrigbleibende Grün.

II. Locale Ergänzungsfarben. Gefärbte Schatten.

Die subjectiven Farbenerscheinungen dieser Klasse sind an eine bestimmte Stelle aufserhalb des Auges gebunden und beharrlich. So nimmt ein weifser Fleck

auf farbigem Grunde eine Nüance an, welche der umgebenden Farbe complementär ist, und nicht verschwindet, so lange der Blick darauf gerichtet bleibt. Ein schwarzer Fleck auf farbigem Grunde verhält sich nicht so; denn es fehlt hier am weifsen Licht, aus dessen physiologischer Zerlegung die complementäre Farbe entspringt. Wird diesem Mangel jedoch abgeholfen, d. h. verwandelt man das Schwarz in Grau, so treten die subjectiven Farben mit einer Deutlichkeit auf, welche nichts zu wünschen übrig läfst. Die erforderliche Einmengung des weifsen Lichts kann auf mannigfache Weise geschehen. Wir wollen einige Methoden näher betrachten.

Ein schwarzer Fleck, etwa ein 1‴ breiter Papierstreifen, auf farbigem Grunde färbt sich complementär durch einen beliebigen diaphanen Ueberzug von weifser Farbe. Man kann eine Scheibe von Milchglas, man kann feines Postpapier darauf legen oder Puder darüber streuen [1]). Auch läfst sich mit gleichem Erfolge der schwarze Fleck durch eine schnell rotirende weifse Scheibe betrachten, aus der man einen Sector herausgeschnitten hat, indem eine solche Scheibe vermöge der Nachempfindung dem Auge ganz den Eindruck einer ununterbrochenen diaphanen Fläche macht (siehe Fig. 11 Taf. I). Auf der rotirenden Scheibe selbst und gleichfalls durch Nachempfindung läfst sich die complementäre Farbe sehr gut darstellen, wenn man statt des ausgeschnittenen weifsen Sectors einen farbigen einsetzt, in dessen Mitte ein schwarzer Kreisbogen vom Mittelpunkte der Scheibe aus gezogen ist. Hier breitet sich bei schneller Rotation die Farbe des Sectors über die ganze Fläche aus, und der Kreisbogen wird als subjectiv gefärbte Kreislinie gesehen (siehe Fig. 12*a* Taf. II). Wird der Sector in concentrische Stücke von verschiedener Farbe

1) Ein schwarzer Streifen, der halb auf grünem, halb auf rothem Grunde liegt, zerfällt, wenn man Postpapier darauf legt, in eine rothe und eine grüne Hälfte. Dieser Versuch ist sehr frappant.

getheilt und in der Mitte jedes Stückes ein schwarzer Bogen gezeichnet, so sieht man bei der Rotation auf *einer* Scheibe mehrere Ergänzungsfarben (siehe Fig. 12 *b* Taf. I). In allen diesen Fällen hat es seine Schwierigkeit, die gehörige Dicke des weifsen Ueberzuges oder die Gröfse des Sectors durch Probiren zu ermitteln; deshalb ist die folgende Methode bei weitem vorzüglicher. Sie beruht, so zu sagen, auf der scheinbaren Diapharie des Spiegelbildes einer weifsen Fläche. Man legt z. B. eine mit einem schwarzen Fleck versehene grüne Fläche horizontal neben eine weifse, so dafs sich beide in einer geraden Linie berühren, und stellt auf diese Gränzlinie eine farblose dünne Glastafel senkrecht. Sieht man nun durch die Tafel nach dem schwarzen Fleck hin, so zeigt er sich roth, indem das Licht der weifsen Fläche vom Glase reflectirt wird, und von den hinter demselben liegenden Punkten herzukommen scheint. Durch Heben und Senken des Auges läfst sich die Intensität des weifsen Spiegelbildes nach Gefallen steigern oder schwächen und so die vortheilhafteste Stellung leicht finden (siehe Fig. 13 Taf. I). Eine Modification des Versuches ist es, wenn man die Glastafel auf die farbige Fläche legt und die weifse sich darin spiegeln läfst, oder mit beiden Flächen umgekehrt verfährt. Endlich kann der schwarze Fleck auf farbigem Grunde subjectiv gefärbt erscheinen, wenn man über einen weifsen Rand danach hinsieht, der sich innerhalb der kürzesten Sehweite befindet; denn alsdann zeigt sich jener Rand gleichsam mit einem weifsen diaphanen Nebel umgeben.

Diese einzelnen Methoden zur Hervorrufung subjectiver Farben glaubte ich anführen zu müssen, um die sämmtlichen Versuchen bei grofser formeller Verschiedenheit gemeinsame Grundbedingung, die angemessene Beimengung des weifsen Lichtes, nachzuweisen. Dieselbe Bewandnifs hat es nun auch mit dem bekannten Phänomen der gefärbten Schatten.

Denken wir uns einen opaken Körper, von zwei räumlich gesonderten Lichtquellen, *A* und *B*, beleuchtet, und seine beiden Schatten, welche *a* und *b* heifsen mögen, auf dieselbe weifse Fläche werfend, so wird der durch *A* erzeugte Schlagschatten *a* von *B* und der durch *B* entstehende Schlagschatten *b* von *A* Licht empfangen, es wird *a*, so zu sagen, durch *B* und *b* durch *A* verdünnt. Geben *A* und *B* weifses Licht, so wird sowohl *a* als *b* grau seyn. Giebt *A* rothes und *B* grünes Licht, so mufs *a* grün und *b* roth erscheinen. Es sey nun *A* eine Quelle weifsen, *B* eine Quelle grünen Lichtes; dann ist *a* ein reell grüner, *b* ein reell grauer Fleck auf hellgrünem, durch weifses und grünes Licht erleuchtetem Grunde. Ein grauer Fleck auf hellgrünem Grunde aber kann nicht als solcher gesehen werden; darum erscheint *b* mit subjectiver rother Farbe, welche oft der reellen Farbe von *a* an Lebhaftigkeit nicht nachsteht. Wenn das aus *A* herrührende Licht abgeschnitten wird, so verschwindet *a*, und in *b* findet keine weitere Einmengung weifsen Lichtes statt, *b* wird schwarz.

Um farbige Schatten zu bilden, giebt es ein höchst einfaches Verfahren, welches die Anwendung farbiger Glasscheiben oder gefärbter Flammen entbehrlich macht. Man bringe auf ein weifses Papierblatt, welches in der Nähe des Fensters liegt, einen kleinen schattenwerfenden Körper, etwa einen auf der Kante stehenden weifsen Papierstreifen, und nähere ihm auf der dem Fenster entgegengesetzten Seite von oben her ein Stück buntes Papier in verticaler oder schwach geneigter Stellung. Das vom bunten Papier zurückprallende Licht giebt alsdann auf der dem Fenster zugewandten Seite des Streifens einen durch complementäre Färbung ausgezeichneten Schatten; doch mufs man Sorge tragen, dafs kein zu grelles Tageslicht unmittelbar auf das weifse Papier falle. Will man mit der Färbung des Schattens schnell abwechseln, so ist ein aus Pappe gefertigter Würfel von

2" bis 3" Kantenlänge sehr bequem, der auf jeder Fläche eine andere Farbe trägt, und bald mit der einen, bald mit der andern an den schattenwerfenden Körper herangehalten wird.

Höchst mannigfaltige Erscheinungen treten auf, wenn man an der Stelle des schwarzen Flecks einen farbigen auf farbigem Grunde betrachtet. Das Resultat läfst sich für jede Combination leicht voraus bestimmen, wenn man nur bedenkt, dafs sich Gelb und Violett, Roth und Grün, Blau und Orange zu Weifs ergänzen; deshalb wollen wir, ohne in's Einzelne zu gehen, nur den interessanten Fall erwägen, wo die Farbe des Flecks dunkler als die des Grundes, aber von derselben Art ist. Es sey ein dunkelrother Fleck auf rothem Grunde gegeben; da derselbe an rothem Lichte ärmer als seine Umgebung ist, so nimmt das von letzterer geblendete Auge fast kein Roth an ihm wahr, und er erscheint äufserst dunkel, fast schwarz. Wird nun ein diaphaner weifser Ueberzug aufgelegt, so wird durch die physiologische Zerlegung des weifsen Lichtes so viel Grün abgeschieden, dafs der Fleck diese Farbe annimmt. Es läfst sich also eine Farbe in *ihre eigene* Ergänzungsfarbe umwandeln. Diefs auffallende Phänomen zeigt sich ungemein deutlich an mehreren Stellen des menschlichen Körpers, wo oberflächlich liegende Venen durch die Haut schimmern, z. B. an der inneren Handwurzel oder an den Schläfen. Das dunkelrothe Venenblut sieht hier grün aus, weil es von rothen Muskeln umgeben und von diaphaner weifser Haut bedeckt ist. Man kann sagen, dafs das Blut roth aussehen würde, wenn es grün wäre.

Läfst man bei gewöhnlichem Tageslichte einen schmalen Schatten auf die gefärbte Seite eines grünen Papiers fallen, so zeigt er sich auf der weifsen Kehrseite des letzteren als rother Fleck, obwohl er reell dunkelgrün ist.

Wenn es mir gleich in diesem Aufsatze zunächst nur darauf ankam, vortheilhafte Methoden zur Hervorbringung

complementärer Farben zu besprechen, und ein Paar einfache Apparate und Handgriffe der Aufmerksamkeit des Lesers zu empfehlen, so kann ich es mir doch am Schlusse nicht versagen, mit einigen Worten auf die Theorie der gedachten Erscheinungen einzugehen.

Wie wir gesehen haben, treten die Ergänzungsfarben bald mit einem temporären, bald mit einem localen Charakter auf; es fragt sich, ob der innere Vorgang der Sache in beiden Fällen verschieden sey. Diese Frage mufs, wie ich glaube, bestimmt verneint werden; denn bei strengerer Prüfung erweist sich auch das locale Phänomen dem Wesen nach als temporär, d. h. auf die unbewufste Zeitfolge verschiedenartiger Gesichtseindrücke gegründet. Verhielte es sich anders, so müfste die Netzhaut an einer Stelle abgestumpft werden, welche gar keinen Reiz durch Farben erlitten hat; es müfste z. B. wenn Weifs neben Roth betrachtet wird, die dem ersteren entsprechende Stelle der Netzhaut subjectives Grün hervorrufen, während doch eine benachbarte Stelle durch rothes Licht geblendet würde. Diefs kann nicht zugegeben werden. Die Erklärung mufs vielmehr in einem bekannten Umstande gesucht werden, welcher in der Theorie des Sehens überhaupt obenan zu stehen verdient, nämlich in der unaufhörlichen Oscillation oder Schwankung der Sehaxe beim Anblick einer Fläche. Dieses Schwanken des Blickes bringt es mit sich, dafs derselbe bei Betrachtung benachbarter Flächen von verschiedener Farbe beständig von der einen Seite der Farbengränze auf die andere hinüberschweift. Liegt z. B. Weifs neben Roth, so fällt das Licht jedes weifsen Punktes auf eine Stelle der Netzhaut, welche zuvor vom Lichte eines rothen Punktes getroffen wurde, und deshalb nur noch für Grün empfänglich ist. Die Aneinanderreihung aller subjectiv grünen Punkte liefert alsdann das Bild einer grünen Fläche. Es folgt hieraus, und die Erfahrung bestätigt es, dafs die subjective Färbung be-

sonders deutlich bei einer schmalen Fläche seyn mufs, welche von einem ausgedehnten farbigen Grunde umgeben ist. Wird umgekehrt eine schmale farbige Fläche auf weifsem Grunde betrachtet, so sieht man, dafs der complementäre Saum des ersteren in dem Maafse sich verringert, als man das Auge ruhiger hält.

Schliefslich habe ich mich zu entschuldigen, dafs ich bisher diejenige Theorie der subjectiven Farben unberücksichtigt liefs, welche die Entstehung derselben nicht von Abstumpfung der Netzhaut ableitet, sondern von einem ihr inwohnenden eigenthümlichen Triebe zur Hervorrufung der Contraste. Weit entfernt, mich zum Schiedsrichter über diesen delicaten Punkt aufwerfen zu wollen, darf ich doch die Ueberzeugung aussprechen, dafs sich alle im Vorhergehenden beschriebenen Versuche durch die Theorie der Abstumpfung vollständig erklären lassen, und dafs eben dadurch eine beachtenswerthe Analogie zwischen dem Gesicht und anderen Sinnen aufgedeckt wird. Um nur des Geschmacksinnes hier zu erwähnen, so kann es als bekannte Thatsache gelten, dafs die Zunge oft von einem und demselben Nahrungsmittel verschiedenartig afficirt wird, je nachdem es vor oder nach einem anderen genossen wird. Mancher Wein, unmittelbar auf ein süfses Gericht genossen, schmeckt unangenehm; er scheint seinen Zuckergehalt verloren zu haben. Man könnte diesen auf Abstumpfung der Nerven beruhenden Geschmack complementär nennen, so wie man das Roth einer weifsen Fläche complementär nennt, wenn es durch vorhergehende Betrachtung einer grünen Fläche zum Vorschein kommt.

IV. *Bemerkungen über die Volumtheorie und L. Gmelin's Atomzahlentheorie; von Hermann Kopp.*

(Aus einem Schreiben an den Herausgeber.)

Giefsen, 29. Oct. 1841.

— Sie sprachen sich schon früher tadelnd gegen den Ausdruck *Atomvolum* aus, und es sind mir seitdem von mehreren Seiten Einwürfe gegen diese Benennung gemacht worden. — Ich hatte diesen Namen nicht gegeben, sondern zuerst einen andern (specifisches Volum) gebraucht, nahm indefs später den ersteren an, da die von mir gefundenen Resultate doch unter dieser Bezeichnung verbreitet wurden, um nicht durch verschiedene Benennung desselben Begriffs Verwirrung herbeizuführen. Auch Schröder, der früher den Ausdruck Aequivalentvolum brauchte, bediente sich zuletzt des gebräuchlicheren Namens Atomvolum. Diese letztere Benennung ist allerdings unpassend; ich glaubte indefs, dafs ein einmal gangbarer Ausdruck, wenn auch nicht den untergelegten Sinn vollkommen ausdrückend, doch einem neuen, ungewohnteren vorzuziehen sey, und dachte nicht, dafs auf den blofsen Gebrauch eines Worts solche Mifsdeutungen abgeleitet werden würden, wie diefs geschehen ist. — Wenn von einer Verringerung des Atomvolums bei einem Körper, von einer Aenderung des Atomvolums überhaupt die Rede ist, so kann wohl nicht unter Atomvolum das relative Volum eines einzelnen Atoms, sondern nur das eines Aggregats von Atomen, inclusive der Zwischenräume, gemeint seyn; denn da die Atome kaum anders als an und für sich unveränderlich zu denken sind, so kann der Ausdruck Aenderung des Atomvolums,

nur auf eine Aenderung der Zwischenräume gehen. — Nirgends aber habe ich ausgesprochen, und es wäre der alltäglichsten Erfahrung entgegen, daſs der Raum, den eine Materie einnimmt, vollständig, ohne alle Zwischenräume mit Atomen ausgefüllt sey, und somit das sogenannte Atomvolum das relative Volum eines einzelnen Atoms gebe; wie mir dieſs L. Gmelin (in der neuesten Ausgabe seines Handbuchs) zuschreibt. Ein anderer Name ist bei solchen Miſsdeutungen anzunehmen; der Ausdruck Aequivalentvolum eignet sich nicht, so lange die Mehrzahl der Chemiker einen Unterschied zwischen Atomgewicht und Aequivalentgewicht macht. Es wäre zu wünschen, daſs eine bedeutendere Autorität als die meinige eine passende Bezeichnung einführe; bis dieſs geschieht, werde ich ferner mich des Ausdrucks *specifisches Volum* für den Quotienten aus dem specifischen Gewicht in das Atomgewicht bedienen, wie ich ihn schon vor drei Jahren vorgeschlagen habe.

L. Gmelin verwirft am angeführten Ort die Volumtheorie, und schlägt eine andere als naturgemäſser vor, die Theorie der *Atomenzahlen*. Seine Betrachtungsweise ist folgende: Das specifische Gewicht eines Körpers, S, hängt ab von der Zahl Z der Atome, die in einem bestimmten Raum enthalten sind, und von der Schwere dieser Atome, d. i. dem Atomgewicht G; es ist das Product aus der *Atomzahl* in das Atomgewicht, $S = ZG$; und die Atomzahl ist mithin $Z = \frac{S}{G}$. Gmelin's Atomzahl ist also das Umgekehrte des specifischen Volums (Atomvolums), sie ist der Quotient, wenn man das specifische Volum in 1 dividirt.

Die Zahlen, die man so als Atomzahlen findet, müssen bei den einfachen Stoffen dieselben Verhältnisse, in einigen Fällen nur umgekehrt, geben, wie die, welche die Betrachtung des specifischen Volums bietet. Chlor, Jod und Brom z. B. haben gleiches specifisches Volum

und gleiche Atomzahl; das specifische Volum des Silbers ist das Doppelte von dem des Goldes, die Atomzahl des Silbers ist die Hälfte von der des Goldes. Hier läfst sich nicht über die gröfsere Naturgemäfsheit der einen oder der andern Theorie entscheiden.

Anders bei Verbindungen, wo man sogleich sieht, nicht ob die Gmelin'sche Atomzahltheorie naturgemäfser sey, sondern dafs sie überhaupt nicht anwendbar ist. Eine anwendbare Theorie mufs sich daran bewähren, dafs sie Gesetze aufdeckt. Schröder's schöne Entdeckung, dafs von dem specifischen Volum vieler analoger Verbindungen, z. B. vieler Oxyde MO, MO_2, MO_3, das specifische Volum des entsprechenden Bestandtheils abgezogen, gleicher Rest für O, der doppelte für O_2, der dreifache für O_3 bleibt, ist für die Anhänger der Atomzahltheorie nicht vorhanden. Das specifische Volum des Kupferoxyds ist 76, das des Kupfers 44; das des Bleioxyds ist 146, das des Bleis 104; es ist $76 - 44 = 146 - 114$. Die Atomzahlen der gedachteu Körper sind aber 0,0132, 0,0227, 0,00685, 0,00877. In diesen letzteren Zahlen ist keine Spur von Regelmäfsigkeit und Zusammenhang.

Ein weniger gültiges Kriterium ist das, welche Theorie gröfsere Einfachheit im Ausdruck habe, obgleich diefs, was die Förderung ihrer Ausbildung angeht, ebenfalls von Wichtigkeit ist. Man kann aus Folgendem urtheilen, auf welcher Seite der Vorzug sey. Der einfachste Fall, wo bei Entstehung einer Verbindung weder Contraction noch Dilatation eintritt, wird in der Volumtheorie so ausgedrückt: das specifische Volum der Verbindung ist die Summe der specifischen Volume der Bestandtheile. Derselbe Gedanke wird in der Atomzahltheorie von Gmelin so gegeben: Um die Atomzahl der Verbindung zu erhalten, multiplicire man die Atomzahlen der beiden Bestandtheile, und theile das Product, durch die Summe der Atomzahl der beiden Bestandtheile.

Es kommt endlich in Betracht, und ist entscheidend, ob eine aufgestellte Theorie auch das erkläre, was sie erklären soll. Ich überlasse es Ihrem Urtheil, wie viel in dieser Hinsicht die Volumtheorie (in der Entwicklung, wohin sie allmälig gekommen ist, und wie ich sie in meinem Schriftchen über das spec. Gewicht der chemischen Verbindungen dargestellt habe) leiste. Gmelin stellt als Gesetz für seine Atomzahltheorie auf: Die Atomzahl einer Verbindung ist die Summe der Atomzahlen der Bestandtheile, dividirt durch das Quadrat der Anzahl der Atome der Bestandtheile. Dieses Gesetz beruht auf keinem inneren Grund; man könnte vorläufig davon absehen, wenn es durch die Erfahrung bestätigt würde. Aber unter den 63 vorgelegten Beispielen, wo die Atomzahlen beider Bestandtheile bekannt sind (der andern nicht zu erwähnen), stimmen nur 10 höchst entfernt annähernd mit dem Gesetz.

Hätte das Gesetz sich hier bewährt, so würde es für folgenden Umstand von der wichtigsten Entscheidung seyn: so aber mufs man sagen, dafs es an einem organischen Fehler leidet, wovon es nicht zu heilen ist. Wer will entscheiden, ob das Quecksilberchlorür $HgCl$ oder Hg_2Cl_2 geschrieben werden müsse, oder ob seine Constitution nicht auch durch Hg_4Cl_4 ausgedrückt werden könne? Sey die Atomzahl von Quecksilber $=hg$, die von Chlor $=cl$, so ist die Atomzahl des Quecksilberchlorürs nach Gmelin'schen Gesetz, je nachdem man die eine oder die andere der obigen Formeln zu Grund legt, nach:

$$Hg\ Cl = \frac{hg+cl}{(2)^2} = \tfrac{1}{4}(hg+cl)$$

$$Hg_2\ Cl_2 = \frac{2hg+2cl}{(4)^2} = \tfrac{1}{8}(hg+cl)$$

$$Hg_4\ Cl_4 = \frac{4hg+4cl}{(8)^2} = \tfrac{1}{16}(hg+cl).$$

Man sollte erwarten, dafs sämmtliche Formeln die gleiche Atomzahl für die Verbindung gäben. Ich halte

diesen Umstand, dafs bei gleiche Zusammensetzung ausdrückenden verschiedenen Formeln für denselben Körper die Atomzahl sich ändert, für einen entschiedenen Beweis gegen die Existenz des von Gmelin aufgestellten Gesetzes und gegen die Richtigkeit der Theorie, woraus es abgeleitet wurde.

Wenn ein Gesetz nicht pafst, so lassen sich gewöhnlich einige Umstände angeben, die nicht in Rechnung gezogen werden können, und die als Ursachen der Abweichung des Gesetzes von der Erfahrung vorgeschoben werden. Als solche Ursachen betrachtet Gmelin die verschiedene Cohäsion der Verbindungen und ihrer Bestandtheile, so wie auch die verschiedene Anziehung derselben zur Wärme. Wenn die Natur solcher Ursachen noch nicht genug studirt ist, dafs man ihren Einflufs eliminiren kann, so sind diese auch noch zu unbekannt, um als Modificationen des Gesetzes bewirkend aufgestellt werden zu können; es ist eben so gut möglich, dafs solche Umstände die Ursachen sind, warum ein falsches Gesetz in einigen Fällen der Erfahrung zu entsprechen scheint. Es scheint mir geeigneter, Erklärungen zu versuchen und ihre Anwendbarkeit nachzuweisen (wie es bei der Volumtheorie geschehen ist), ohne die Wirksamkeit solcher Umstände vorauszusetzen, deren Einflufs auf das in der versuchten Erklärungsweise enthaltene Gesetz man nicht in der Erfahrung selbst, durch Zahlen, belegen kann, sondern die man nur erwähnt, als das gegebene Gesetz verschleiernd. Man kann jedes beliebige Gesetz als existirend anführen, wenn man zugleich bemerkt, dafs gewisse, noch nicht genug untersuchte Umstände die Schuld tragen, dafs es sich in den meisten Fällen nicht nachweisen lasse.

Die vorstehende Beleuchtung der Gmelin'schen Theorie bedarf wohl keiner besonderen Entschuldigung; mit aller Hochachtung gegen diesen ausgezeichneten Mann glaubte ich diese Bemerkungen um so weniger unter-

drücken zu dürfen, da einer von ihm aufgestellten Theorie von vorn herein eine grofse Autorität zukommt.

Zum Schlufs will ich noch darauf hindeuten, wie sich die Richtigkeit oder mindestens Anwendbarkeit der Volumtheorie jeden Tag mehr bestätigt. Die Dichtigkeit aller organischen Verbindungen unterliegt einfachen Gesetzen. So kann man aus der bekannten Dichtigkeit Eines der drei folgenden Körper; Säurehydrat ($Acid+H^2O$) Aethylverbindung ($Acid+AeO$), Methylverbindung ($Acid+MeO$) die Dichtigkeit der beiden andern mit Sicherheit berechnen, nach folgenden Gesetzen: Das specifische Volum jedes Säurehydrats ist um 534 kleiner als das der entsprechenden Aethylverbindung, um 300 kleiner als das der entsprechenden Methylverbindung; jede Aethylverbindung ($Ae+X$) hat ein um 234 gröfseres specifisches Volum als die entsprechende Methylverbindung ($Me+X$). Die so berechneten specifischen Gewichte stimmen auf eine ausgezeichnete Weise mit den beobachteten. — Aehnliche Gesetze gelten für *alle* analogen organischen Verbindungen, und *überall*, wo Substitutionen stattfinden.

Ich habe bei diesen Untersuchungen noch eine Wahrnehmung gemacht, die von Interesse ist. Alle Aethylverbindungen sieden um 18° höher als die entsprechenden Methylverbindungen, die Säurehydrate um 45° höher als die entsprechenden Methylverbindungen. Die Richtigkeit dieser Gesetze unterliegt, nach allen mir bekannten Beobachtungen, keinem Zweifel; wenn auch bei Körpern, die erst in sehr hohen Temperaturen sieden, die Differenzen manchmal etwas anders sind, als die hier aufgeführten, so liegen doch die Abweichungen immer innerhalb der Gränzen der Unsicherheit, welche gewöhnlichen Siedpunktsangaben zukommen.

V. *Ueber die Wärme-Entwicklung bei Verbindung von Säuren und Basen; von Thomas Andrews,*

Prof. der Chemie an der Royal Institution zu Belfast.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

1) Längst bekannt ist, dafs chemische Actionen im Allgemeinen von einer Entwicklung oder Verschluckung von Wärme begleitet werden. In den meisten Fällen entspringt die Temperaturveränderung aus verschiedenen Ursachen, von denen einige die ursprüngliche Temperatur der reagirenden Körper zu erhöhen, andere zu verringern streben. So sind, bei der Zersetzung einer Lösung von kohlensaurem Natron durch concentrirte Schwefelsäure, die Verbindungen der Schwefelsäure mit dem Wasser und dem Alkali zwei verschiedene Wärmequellen, dagegen die Abscheidung der Kohlensäure von dem Natron und ihre Entwicklung in Gasform eben so zwei verschiedene Ursachen zur Temperaturverringerung. Den Einflufs eines jeden dieser Umstände für einen gegebenen Fall zu bestimmen, ist eine Aufgabe von grofser Schwierigkeit; und wir dürfen nur erwarten sie vollständig zu lösen, wenn wir unsere Untersuchungen auf diejenigen einfacheren Fälle beschränken, wo die Temperatur-Veränderungen nur durch eine einzige Ursache hervorgebracht sind. Aus diesem Grunde habe ich mich, in dieser vorläufigen Untersuchung, auf die Erforschung der Wärme-Erscheinungen beschränkt, die bei gegenseitiger Verbindung von Säuren und Basen eintreten, unter den günstigsten Umständen, um von Verwicklung freie Resultate zu erhalten.

2) Die weiterhin beschriebenen Versuche wurden

alle

alle mit sehr verdünnten Lösungen angestellt, wodurch keine Berichtigung nöthig war für die Wärme, welche bei Verdünnung starker Lösungen gewisser Säuren und Basen entwickelt wird; das Verfahren läfst sich leicht beschreiben. In gesonderten Glasgefäfsen wurden Lösungen von bestimmten Gewichten zubereitet; das eine enthielt die Menge von Alkali, dessen wärmeerregende Kraft aufgesucht ward, und das andere ein wenig mehr als die zur Neutralisirung des Alkalis erforderliche Säuremenge. Nachdem die Flüssigkeiten eine gleiche Temperatur erlangt hatten, wurden sie in dem Gefäfse, welches das Alkali enthielt, mit einander vermischt, und die Temperaturerhöhung durch ein empfindliches Thermometer gemessen. Diefs Verfahren wurde gewählt, wegen der Leichtigkeit seiner Ausführung und der Gleichförmigkeit seiner Resultate. Einleuchtend ist jedoch, dafs ein grofser Antheil der Wärme durch das Glasgefäfs absorbirt wurde; und daher war es nöthig, durch anderweitige Versuche, die an den so erhaltenen Temperaturen anzubringenden Berichtigungen zu ermitteln.

3) Als Grundlage dieser ganzen Untersuchung wurde die bei Verbindung von Salpetersäure und Kali entwikkelte Wärmemenge sorgfältig bestimmt. Bevor ich jedoch die angewandte Methode beschreibe, mufs ich eine Beobachtung anführen, die späterhin bewiesen werden wird, nämlich, dafs, bei Verbindung einer gegebenen Menge eines Alkalis mit einer Säure, ein gleicher Wärmebetrag entwickelt wird, es mag die hinzugefügte Säure gerade zur Neutralisirung des Alkalis hinreichen oder beträchtlich in Ueberschufs seyn [1]). Der Zusatz eines kleinen Ueberschusses von Säure hat also keinen Einflufs auf die Resultate, ausgenommen in sofern er dieselben gleichförmiger und sicherer macht, dadurch, dafs er eine

1) Diese Beobachtungen, so wie andere ähnlicher Art in den nachfolgenden Theilen dieses Aufsatzes, gelten immer von verdünnten Lösungen, wie sie zu diesen Versuchen angewandt wurden.

schnellere und vollständigere Neutralisation des Alkalis bewirkt.

4) Ich verschaffte mir ein cylindrisches Gefäfs von sehr dünnem Messing, welches etwas mehr als die anzuwendende Menge Flüssigkeit fafste. In diefs Gefäfs wurde eine Lösung von ätzendem Kali gebracht, deren Gewicht etwa neun Mal gröfser war, als die zu ihrer Neutralisation bestimmte Menge von verdünnter Schwefelsäure. Diefs Gefäfs war so dünn, dafs wir ohne merklichen Fehler annehmen können, seine Temperatur sey gleich gewesen mit der seines flüssigen Inhalts. Es wog 6,63 Grm., welches, die specifische Wärme des Messings $=0,094$ angenommen, aequivalent ist mit 0,623 Grm. Wasser.

5) Da ich das Gewicht des Glases, so wie das des Quecksilbers in der Kugel und dem eingetauchten Theil der Röhre des Thermometers nicht kannte, so war ich genöthigt zu einem directen Versuch zu schreiten, um ihr Aequivalent an Wasser auszumitteln. Zu diesem Zweck brachte ich 30 Grm. Wasser (die gewöhnlich angewandte Menge von Flüssigkeit) in das Messinggefäfs, und beobachtete sorgfältig, um wie viel die Temperatur derselben stieg, wenn das zuvor um eine gewisse Zahl von Graden erwärmte Thermometer plötzlich in dieselben eingetaucht wurde. Bezeichnet man mit t den Wärmeverlust des Thermometers, mit t' den Wärmegewinn der Flüssigkeit, so erhielt ich bei verschiedenen Versuchen folgende Zahlen:

1.	2.	3.
$t=59^{\circ},00$;	$t=69^{\circ},00$;	$t=72^{\circ},00$
$t'=0,90$;	$t'=1,00$;	$t'=1,15$.

Daraus ergab sich der Werth des Thermometers in Grammen Wasser:

1.	2.	3.	Mittel.
0,47	0,45	0,49	0,47.

6) Aus den beiden letzten Resultaten können wir also schliefsen, dafs das Messinggefäfs und das Thermometer, zusammengenommen, aequivalent sind 1,09 Grm. Wasser.

7) Eine sehr wichtige Fehlerquelle bei diesen und andern ähnlichen Untersuchungen, bei denen die Temperatur-Veränderung einer Flüssigkeit mit der äufsersten Genauigkeit beobachtet werden soll, entspringt aus dem erkältenden Einflufs der umgebenden Luft während der zur Beobachtung erforderlichen Zeit, die bei den sogleich zu beschreibenden Versuchen bis nahe 1 Minute ging. Wo der Temperatur-Anwuchs nicht 2° bis 3° F. überschritt, kann die gewöhnliche Methode des Erkaltens der Flüssigkeit vor dem Versuch um so viele Grade unter die Temperatur der Luft als sie hernach darüber erwärmt wird, mit Erfolg angewandt werden. Allein bei gröfseren Temperatur-Anwüchsen ist diefs Verfahren einem ernstlichen Fehler ausgesetzt, der vermieden werden mufs. In der That, mischt man Flüssigkeiten zusammen, so erreicht das Thermometer in sehr wenigen Secunden fast seinen höchsten Punkt, und es braucht vier Fünftel der ganzen Zeit zum Steigen um den letzten halben Grad. Da also die Mischung weit länger in der oberen als in der unteren Hälfte ihres Temperatur-Intervalls verweilt, so wird die eben beschriebene Methode nothwendig Resultate liefern, die merklich unter der Wahrheit liegen [1]). In Praxis kann dieser Fehler wirksam verhindert werden, wenn man die anfängliche Temperatur der Flüssigkeit so weit unter die Temperatur der Luft herabsetzt, dafs das letztliche Maximum niemals mehr als 2° F. über denselben Punkt steigt.

1) Eine ähnliche Beobachtung hat Hr. Regnault gemacht in seiner neueren und schätzbaren Abhandlung über die specifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper (Annalen, Bd. LI S. 63); allein er berichtigt den dadurch veranlafsten Fehler mittelst einer Interpolations-Formel.

8) Die stärkste zu diesen Versuchen angewandte Salpetersäure enthielt 13,3 Proc. wirklicher Säure. Wenn ein Theil einer solchen Säure mit neun Theilen Wasser vermischt wird, läfst sich durch das empfindlichste Thermometer keine Wärme-Entwicklung entdecken. Die entsprechende Lösung von ätzendem Kali enthielt nur 1,3 Procent Alkali, war also weit jenseits der Gränze einer solchen Wärmequelle. Dafs blofse Verdünnung keinen Einflufs auf das Resultat ausübe, ward ferner bewiesen durch Vermehrung des Gewichts der sauren Flüssigkeit und Verringerung des der alkalischen, während zugleich die Mengen von Säure und Alkali in jeder, so wie das gesammte Gewicht beider Flüssigkeiten, dieselben blieben; solche Abänderungen in den Versuch bewirkten aber keine Veränderung in der bei ihrer Vermischung beobachteten Temperatursteigerung.

9) Nach dieser Erörterung der durch die Form des Apparats erforderlichen Berichtigungen, schreite ich nun zu den Einzelheiten des Grundversuchs über den absoluten Betrag der bei Vereinigung von Salpetersäure und Kali enwickelten Wärme. Die allgemeine Genauigkeit der Resultate wurde geprüft und bestätigt durch Wiederholung der Versuche in Form einer Reihe, bei welcher, das Gewicht der gesammten Flüssigkeit gleich lassend, die Mengen der sich verbindenden Substanzen folgweise in den Verhältnissen 1, 2, 4 genommen wurden. Man wird sehen, dafs die entsprechenden Temperatur-Erhöhungen in ähnlichen Verhältnissen zu einander stehen.

10) und 11) Ich brachte in das zuvor beschriebene Messinggefäfs eine Lösung von Aetzkali, die 0,0882 Grm. dieses Alkalis enthielt. Sie wog 27,3 Grm., welches addirt zu 1,09 Grm. dem Wasser-Aequivalent des Gefäfses und Thermometers (6), das Ganze gleich 28,39 Grm. Wasser machte. Die Lösung der Säure, in einem Glasröhrchen, wog 2,83 Grm., und enthielt 0,106 wasserfreier Salpetersäure.

Versuch.	I.	II.
emperatur	38° F.	39° F.
)eratur der Säure	38°,20	39°,00
- - des Alkalis	37 ,00	37 ,50
. Temper. vor d. Misch.	37°,11	37°,64
). nach d. Mischung	38 ,75	39 ,25
). Erhöh. (31,22 Wass.)	1°64	1°,61.

12) Die Kalilösung wog 27,2 Grm., und enthielt 5 Grm. reinen Kalis oder doppelt so viel wie bei etzten Versuchen. Die Säure wog 2,85 Grm. und elt 0,212 wasserfreier Salpetersäure. Lufttemperatur F.

Temperatur der Säure	39°,00
- - Kalilauge	37 ,00
Mittlere Temp. vor der Mischung	37°,18
Temperatur nach der Mischung	40 ,40
Temper. Erhöh. in 31,14 Wasser	3°,22

13) Kalilauge 26,85 Grm., enthaltend 0,353 Grm. Flüssige Säure 3,25 Grm., darin 0,424 wasserfreier tersäure. Lufttemperatur 39°,3.

Temperatur der Säure	39°,70
- - Kalilauge	34 ,30
Mittlere Temp. vor der Mischung	34°,86
Temperatur nach der Mischung	41 ,45
Temper. Erhöh. in 31,39 Wasser	6°,59.

.4) Reducirt man diese Resultate auf 0,353, d. h. dem letzten Versuch gebrauchte Kalimenge, so er- wir folgende Zahlen:

1.	2.	3.	4.	Mittel.
6°,83	6°,70	6°,68	6°,85	6°,76.

15) In anderer Weise kann diefs so ausgedrückt

werden: Wenn 1 Grm. Kali sich mit Salpetersäure verbindet, erwärmt es 85 Grm. Wasser um 6°,76 F., oder, was dasselbe ist, 574,6 Grm. Wasser um 1° F. Wohl zu bemerken hat man jedoch, dafs in diesem Versuche nicht reines Wasser, sondern eine schwache Lösung von Salpeter erwärmt wird, und dafs also, wegen der Verschiedenheit der specifischen Wärmen dieser Flüssigkeit, die obigen Zahlen noch eine Berichtigung erfordern. Wegen der starken Verdünnung der erhaltenen Lösung wird diese Berichtigung jedoch aufserordentlich klein seyn, und wahrscheinlich innerhalb der Beobachtungsfehler liegen.

16) Viele der folgenden Versuche würden sich nur schwierig in einem Metallgefäfs haben anstellen lassen. Ich nahm daher statt des Messinggefäfses eine Flasche von ziemlich dickem Glase, und brachte beide Lösungen, zu Anfange jedes Versuchs, möglichst nahe auf die Temperatur der umgebenden Luft. Auf diese Weise liefsen sich mit Leichtigkeit viele Versuche anstellen, die zwar unter sich vergleichbare, aber sämmtlich zu kleine Resultate lieferten. Daher war nöthig, den absoluten Wärmeverlust bei dieser Anstellungsweise des Versuchs zu ermitteln, so wie auch, ob er proportional sey der Temperatur-Erhöhung. Zu dem Ende wurden Lösungen bereitet, welche dieselbe Menge an Kali und Salpetersäure enthielten, wie bei den Versuchen mit dem Messingcylinder.

17) Kalilösung 27 Grm., enthaltend 0,0882 Grm. Kali; saure Lösung 3 Grm., darin 1,06 Salpetersäure.

Temperatur-Erhöhung bei Vermischung	1°,45
dito bei einem andern Versuch	1°,45.

18) Kalilösung 27 Grm., darin 0,1765 Grm. Kali; saure Lösung 3 Grm., darin 0,212 Salpetersäure.

Temperatur-Erhöhung bei Vermischung	2°,90
dito bei einem andern Versuch	2 ,95.

19) Kalilösung 27 Grm. mit 0,353 Kali; saure Lösung 3 Grm., darin 0,424 Salpetersäure.

Temperatur-Erhöhung bei Vermischung 5°,8
dito bei einem andern Versuch 5 ,8.

20) Kalilösung 24 Grm., darin 0,353 Kali; saure Lösung 6 Grm., darin 0,424 Salpetersäure.

Temperatur-Erhöhung bei Vermischung 5°,9.

21) Zusammengefafst erhalten wir also für die Temperatur-Erhöhung von 30 Grm. Wasser bei Verbindung von 0,353 Grm. Kali mit Salpetersäure.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	Mittel.
5°,8	5°,8	5°,8	5°,9	5°,8	5°,9	5°,83.

Diese Zahlen weichen um 0°,93 von der zuvor gefundenen absoluten Wärmemenge ab, und das ist der Wärmeverlust bei dieser Anstellungsweise des Versuchs. Aus der Uebereinstimmung der mit verschiedenen Verhältnissen von Kali erhaltenen Resultate erhellt auch, dafs der Wärmeverlust proportional ist der Temperatursteigerung, und daher ist die für diesen Fehler erforderliche Berichtigung in allen Fällen leicht gemacht.

22) Ist die Basis unlöslich in Wasser und schwerlöslich in der Säure, so tritt ein neues Element in die Beobachtung, welches bestimmt werden mufs: nämlich die Erkaltung der Flüssigkeit während der längeren Dauer des Versuchs. In der zuletzt beschriebenen Beobachtung erreichte das Thermometer sein Maximum in etwa 45″ von der Zeit der Vermischung der Flüssigkeiten an; allein bei der Lösung solcher Stoffe, wie Bittererde und Zinkoxyd, verfliefsen nicht weniger als 2 bis 2½ Minuten, ehe die Flüssigkeit klar wird und das Thermometer zum Stillstand kommt. Selbst um die Vermischung in dieser Zeit zu beenden, mufs die Flüssigkeit beständig mit einem Glasstab umgerührt werden. Dieser Umstand macht diese Resultate weniger genau als die, bei

denen die Vereinigung augenblicklich geschieht. Allein die Gröfse des dadurch veranlafsten Fehlers kann bestimmt werden durch Wiederholung desselben Versuchs, genau in derselben Weise, mit einer Kalilösung, die genau diejenige Menge Kali enthält (wie sie durch Rechnung aus den vorhergehenden Versuchen sich ergiebt), welche dieselbe Temperatur-Erhöhung wie die schwerlöslichen Basen erzeugen würde. Der Unterschied zwischen der wirklich gefundenen und der berechneten Temperatur-Erhöhung wird gleich seyn dem durch das Umrühren und die Dauer des Versuchs veranlafsten Wärmeverlust, und folglich die Berichtigung für die beobachteten Zahlen darstellen.

23) Der allgemeine Schlufs, den festzustellen ich mich in dem folgenden Theil dieser Mittheilung bemühen werde, kann in der Form nachstehender drei Gesetze ausgesprochen werden:

Gesetz I. — *Die bei Verbindung von Säuren und Basen entwickelte Wärme wird durch die Base und nicht durch die Säure bedingt. Eine und dieselbe Base erzeugt bei Verbindung mit einem Aequivalent von verschiedenen Säuren nahe die nämliche Wärmemenge; verschiedene Basen erzeugen aber verschiedene Mengen.*

Gesetz II. — *Wenn ein neutrales Salz, durch Verbindung mit einem oder mehren Atomen Säure, in ein saures Salz verwandelt wird, so erfolgt keine Temperaturveränderung.*

Gesetz III. — *Wenn ein neutrales Salz, durch Verbindung mit einem hinzugefügten Antheil Basis, in ein basisches Salz übergeht, so ist die Verbindung mit einer Wärme-Entwicklung verbunden.*

24) Von dem *ersten* dieser wichtigen Gesetze machten Ausnahme, unter den Basen, das Quecksilberoxyd, und unter den Säuren, die Cyanwasserstoffsäure und wahrscheinlich auch die Kohlensäure. Nicht unwahrscheinlich ist, dafs weiter ausgedehnte Untersuchungen

noch andere Ausnahmen entdecken lassen werden. Das *zweite* Gesetz ist durch zahlreiche Versuche festgestellt, und schwerlich möchte es eine wohl markirte Ausnahme darbieten. Viel weniger getraue ich mir das dritte Gesetz als allgemein aufzustellen, da die Zahl der löslichen basischen Salze, bei denen sich seine Genauigkeit bestätigen läſst, sehr gering ist.

25) Um Resultate von möglichster Gleichförmigkeit zu erhalten, wurde die normale Alkalilösung immer mit einer gröſseren Menge Säure vermischt, als zu ihrer Sättigung nöthig war [1]). So wurde die Vereinigung rascher und sicherer bewirkt, als sie bei einer genau neutralen Verbindung geschehen würde. Daſs dieser Ueberschuſs von Säure keine merkliche Verschiedenheit in dem Resultat hervorbrachte, wird aus der Erörterung derjenigen Versuche hervorgehen, die weiterhin zur Erläuterung des zweiten Gesetzes werden erwähnt werden. Und in der That, wo es keine basische Verbindung gab, waren die erhaltenen Zahlen identisch, es mochte ein Aequivalent Basis durch einen Säure-Ueberschuſs, oder ein gleiches Aequivalent Säure durch einen Base-Ueberschuſs gesättigt worden seyn. Ich habe die Temperaturanwüchse, welche durch Verbindung eines Aequivalents von jeder Basis mit den Säuren erhalten wurden, in einzelnen Tafeln zusammengestellt. Die genommenen Aequivalente waren 0,353 Grm. Kali, 0,234 Grm. Natron, 0,129 Grm. Ammoniak, 0,572 Grm. Baryt, 0,213 Grm. Kalk, 0,154 Grm. Bittererde, 0,301 Grm. Zinkoyd, 0,834 Grm. Bleioxyd, 0,870 Grm. Silberoxyd, 0,810 Grm. Quecksilberoxyd. Das gesammte Gewicht der Lösung, nach ge-

1) Bei der Phosphor- und Arsensäure war die Säuremenge gerade hinreichend, um das Alkali in das gewöhnliche Phosphat und Arseniat zu verwandeln, d. h. ein halbes Aequivalent Säure auf ein Aequivalent Basis. Der Grund dazu wird später (55) erhellen. Die Zahl für die Chromsäure ist nur aus einem indirecten Versuch mit doppeltchromsaurem Kali abgeleitet.

machter Mischung, betrug jedesmal 30 Grm. In den ersten vier Tafeln enthält die erste Spalte die wirklich mit dem Thermometer beobachtete Temperatur-Erhöhung, und die zweite die wegen des durch die Anstellungsweise (21) der Versuche veranlafsten Wärmeverlusts berichtigte.

26) Tafel I. — Kali.

	Gefunden.	Berichtigt.	Abweichung vom Mittel.
Schwefelsäure	6°,30 F.	7°,32 F.	+0°,80
Salpetersäure	5 ,83	6 ,76	+0 ,24
Phosphorsäure	5 ,70	6 ,61	+0 ,09
Arsensäure	5 ,70	6 ,61	+0 ,09
Chlorwasserstoffsäure	5 ,65	6 ,56	+0 ,04
Jodwasserstoffsäure . .	5 ,80	6 ,74	+0 ,22
Borsäure	5 ,60	6 ,50	—0 ,02
Chromsäure	5 ,55	6 ,46	—0 ,06
Oxalsäure	5 ,70	6 ,62	+0 ,10
Essigsäure	5 ,50	6 ,39	—0 ,13
Ameisensäure	5 ,50	6 ,39	—0 ,13
Weinsäure	5 ,25	6 ,10	—0 ,42
Citronensäure	5 ,25	6 ,10	—0 ,42
Bernsteinsäure	5 ,25	6 ,10	—0 ,42
Mittel		6°,52	

27) Tafel II. — Natron.

	Gefunden.	Berichtigt.	Abweichung vom Mittel.
Schwefelsäure	6°,40 F.	7°,44 F.	+0°,96
Salpetersäure	5 ,55	6 ,45	—0 ,03
Phosphorsäure	5 ,55	6 ,45	—0 ,03
Arsensäure	5 ,60	6 ,50	+0 ,02
Chlorwasserstoffsäure	5 ,80	6 ,74	+0 ,26
Jodwasserstoffsäure . .	5 ,70	6 ,62	+0 ,14
Borsäure	5 ,80	6 ,74	+0 ,26
Oxalsäure	5 ,75	6 ,68	+0 ,20
Essigsäure	5 ,45	6 ,34	—0 ,14
Weinsäure	5 ,10	5 ,93	—0 ,55
Citronensäure	5 ,10	5 ,93	—0 ,55
Bernsteinsäure	5 ,10	5 ,93	—0 ,55
Mittel		6°,48	

28) Tafel III. — Baryt.

	Gefunden.	Berichtigt.	Abweichung vom Mittel.
Salpetersäure	5°,90 F.	6°,85 F.	+0°,10
Chlorwasserstoffsäure	5 ,85	6 ,79	+0 ,04
Jodwasserstoffsäure . .	6 ,00	6 ,97	+0 ,22
Essigsäure	5 ,50	6 ,39	—0 ,36
Mittel		6°,75	

29) Tafel IV. — Ammoniak.

	Gefunden.	Berichtigt.	Abweichung vom Mittel.
Schwefelsäure	5°,45 F.	6°,34 F.	+0°,82
Salpetersäure	4 ,80	5 ,58	+0 ,06
Arsensäure	4 ,90	5 ,69	+0 ,17
Chlorwasserstoffsäure	4 ,80	5 ,58	+0 ,06
Jodwasserstoffsäure . .	4 ,80	5 ,58	+0 ,06
Oxalsäure	4 ,90	5 ,69	+0 ,17
Essigsäure	4 ,70	5 ,47	—0 ,05
Weinsäure	4 ,40	5 ,11	—0 ,41
Citronensäure	4 ,35	5 ,05	—0 ,47
Bernsteinsäure	4 ,40	5 ,11	—0 ,41
Mittel		5°,52	

30) Die übrigen der untersuchten Basen setzte ich, da sie entweder unlöslich oder sehr wenig löslich in Wasser sind, im starren Zustande zu der sauren Lösung, deren Gewicht immer so abgeglichen wurde, dafs es, zusammen mit dem der Base, 30 Grammen betrug. Die Basen wurden alle im wasserfreien Zustande genommen, aufser Kalk, welcher sich selbst in verdünnten Säuren mit ungemeiner Schwierigkeit löst, sobald er nicht zuvor in den Hydratzustand versetzt ist. Die mit diesen Basen angestellten Versuche dauerten 80″ bis 100″ länger als die mit löslichen Alkalien. Diefs machte eine neue Berichtigung nothwendig. Die Methode, den Betrag dieser Berichtigung zu bestimmen, ist bereits auseinandergesetzt (23). In den übrigen Tafeln enthält die erste Spalte das durch Versuch gefundene Resultat, in der zweiten die Dauer der Beobachtung, in der dritten die

Berichtigung für die dadurch verlorene Wärme, in der vierten das berichtigte Resultat und in der fünften die Abweichung vom Mittel.

31) Tafel V. — Bittererde.

	Gefunden.	Zeit.	Bericht. Zeit.	Bericht. Resultat.	Abweich. v. Mittel.
Schwefelsäure . . .	7°,00	2'	0°,30	8°,48	+0°,24
Salpetersäure	6 ,70	2'	0 ,30	8 ,13	+0 ,11
Chlorwasserstoffsäure	6 ,60	2'	0 ,30	8 ,11	−0 ,13
Mittel				8°,24	

32) Tafel VI. — Kalk.

Salpetersäure	5°,95	1½'	0°,25	7°,20	+0°,10
Chlorwasserstoffsäure	5 ,85	1½'	0 ,25	7 ,08	−0 ,02
Essigsäure	5 ,80	1½'	0 ,25	7 ,03	−0 ,07
Mittel				7°,10	

33) Tafel VII. — Zinkoxyd.

Schwefelsäure	4°,45	2'	0°,20	5°,40	+0°,49
Salpetersäure	3 ,90	2'	0 ,20	4 ,76	−0 ,15
Chlorwasserstoffsäure	4 ,00	2'	0 ,20	4 ,88	−0 ,03
Jodwasserstoffsäure	3 ,50	4'	0 ,45	4 ,59	−0 ,32
Mittel				4°,91	

34) Tafel VIII. — Bleioxyd.

Salpetersäure	3°,45	2'	0°,15	4°,18	+0°,20
Essigsäure	2 ,95	2'	0 ,30	3 ,78	−0 ,20
Mittel				3°,98	

35) Das Silberoxyd gab mit Salpetersäure eine Temperatur-Erhöhung von 2°,7, entsprechend, nach Berichtigung, einer wirklichen von 3°,23.

36) Die Zahlen jeder Tafel streng vergleichbar mit einander zu machen, würde eine scharfe Untersuchung des Einflusses von jeder möglichen Quelle zur Temperatur-Veränderung in den Versuchen erfordern. Dergleichen sind: Unterschiede in der specifischen Wärme der

gebildeten Lösungen, Veränderungen in der Dichtigkeit der Flüssigkeiten nach der Mischung u. s. w. Da indefs sehr verdünnte Lösungen angewandt wurden und da die Resultate bei grofser Veränderung in der Stärke der Lösungen (9) einerlei blieben, so ist es wahrscheinlich, dafs die aus dergleichen Ursachen entspringenden Fehler in den meisten Fällen nicht über einige Hundertel eines Grades steigen konnten. Nimmt man daher die Resultate, so wie sie in den Tafeln stehen, so wird man bei Prüfung finden, dafs sie mit dem Gesetz I übereinstimmen (24). Blicken wir demnach auf die erste, zweite und vierte Tafel, welche wegen der grofsen Zahl von löslichen Kali-, Natron- und Ammoniakverbindungen die ausgezeichnetsten sind, so bemerken wir, dafs die Schwefelsäure 0°,8 bis nahe 1°,0 mehr als im Mittel die von andern Säuren gelieferte Wärme giebt, während die Wein-, Citronen- und Bernsteinsäure um 0°,4 bis 0°,55 darunter bleiben. Eine genaue Untersuchung des Einflusses der störenden Wärmequellen wird ohne Zweifel die Ursache dieser Abweichungen entdecken. Die hohen Zahlen für die Schwefelsäure hängen wahrscheinlich zusammen mit der wohlbekannten Eigenschaft dieser Säure, bei Verbindung mit successiven Atomen Wasser viel Wärme zu entwickeln. Alle übrigen Säuren entwickeln, bei Verbindung mit einer und derselben Base, nahe dieselbe Wärmemenge. Die gröfsten Abweichungen vom Mitttel sind, beim Kali: +0°,24 und −0°,13, beim Natron: +0°,26 und −0°,14, beim Ammoniak: +0°,17 und −0°,05. Diese Gränzen liegen fast innerhalb der Fehlergränzen des Versuchs. In den andern Tafeln zeigt sich eine ähnliche Uebereinstimmung. Wirklich zeigt in ihnen die Schwefelsäure keine so starke Abweichung von den übrigen Säuren wie zuvor. Ich mufs jedoch bemerken, dafs die Zahlen für die unlöslichen Basen schwerlich so genau sind als die in den ersten vier Tafeln enthaltenen.

37) Die Basen mögen löslich oder unlöslich in Wasser seyn, so lassen sich doch die Temperatur-Erhöhungen, welche jede bei Verbindung mit verschiedenen Säuren liefert, mit einander vergleichen. Wünscht man aber die Beziehungen zwischen den von verschiedenen Basen entwickelten Temperaturen zu entdecken, so wird es nöthig die Wärme in Betracht zu ziehen, welche von den unlöslichen Basen beim Uebergange aus dem starren Zustand in den flüssigen verschluckt wird. Ich kenne für jetzt keine Methode, wodurch diese verschluckte Wärme bestimmt werden könnte. Allein die Zahlen für die unlöslichen Basen sind aus diesem Grunde sämmtlich zu niedrig. Wir können daher die Basen in Bezug auf ihr Vermögen, bei Verbindung mit Säuren Wärme zu entwickeln, in die nachstehende Ordnung bringen; allein diese Ordnung ist einer Störung ausgesetzt, wenn der Werth der unbekannten Gröfsen bestimmt werden soll. Man mufs sich auch erinnern, dafs Kali, Natron, Baryt und Kalk vor der Mischung sich im Hydratzustande befanden, während Bittererde, Zinkoxyd, Bleioxyd und Silberoxyd wasserfrei waren.

Bittererde	$8^{\circ},24+x$	Ammoniak	$5^{\circ},52$
Kalk	$7\ ,10+x'$	Zinkoxyd	$4\ ,91+x''$
Baryt	$6\ ,75$	Bleioxyd	$3\ ,98+x'''$
Kali	$6\ ,52$	Silberoxyd	$3\ ,23+x''''$
Natron	$6\ ,48$		

38) Das Quecksilberoxyd giebt ganz abweichende Resultate von den vorhergehenden. Es entwickelt mit Salpetersäure und Essigsäure fast gleiche Wärmemenge; allein die auffallendste Anomalie bietet es mit den Wasserstoffsäuren, wie aus folgender Tafel erhellen wird:

39) Tafel IX. — *Quecksilberoxyd.*

	Gefunden.	Zeit.	Bericht. Zeit.	Bericht. Result.
Salpetersäure	1°,20	2′	0°,05	1°,27
Essigsäure	1 ,20	2	0 ,05	1 ,27
Chlorwasserstoffsäure	3 ,80	2	0 ,20	4 ,65
Cyanwasserstoffsäure	5 ,85	2	0 ,25	7 ,10
Jodwasserstoffsäure	9 ,20	3	0 ,60	11 ,40

40) Gegen die letzte Zahl lassen sich einige Einwürfe erheben, da die Jodwasserstoffsäure in großsem Ueberschufs angewandt ward, um die Bildung des unlöslichen Quecksilberjodids zu verhüten. Allein wenn wir auch diese übergehen, zeigt die Tafel noch sonderbare Abweichungen. Eine weiter ausgedehnte Untersuchung wird wahrscheinlich noch andere Metalloxyde entdecken, die, gleich dem Quecksilberoxyd, bei Verbindung mit Wasserstoffsäuren ungleiche Wärmemengen entwickeln.

41) Die Cyanwasserstoffsäure entfernt sich, rücksichtlich der Wärme-Entwicklung bei Bildung von Verbindungen, nicht weniger von den übrigen Säuren als das Quecksilberoxyd von den übrigen Basen; und es ist merkwürdig, dafs die Chlor- und Jodwasserstoffsäure keine analogen Eigenschaften zeigen. Die zu diesen Versuchen angewandte Cyanwasserstoffsäure war vollkommen rein. Sie wurde sogleich nach ihrer Rectification über Kalk angewandt, und übte keine Wirkung auf Pflanzenfarben aus. Ich habe die durch sie erzeugten Temperatur-Erhöhungen zusammengestellt, im Gegensatz zu den mittleren Wärmemengen, die von den übrigen Säuren mit den einzelnen Basen geliefert werden.

	Cyanwasserstoffsäure.	Uebrige Säuren im Mittel.	Unterschied.
Kali	1°,45	6°,52	5°,07
Natron	1 ,45	6 ,48	5 ,03
Baryt	1 ,68	6 ,75	5 ,07
Ammoniak . . .	0 ,51	5 ,52	5 ,01
Quecksilberoxyd	7 ,10		

42) Die Cyanwasserstoffsäure entwickelt demnach mit Kali, Natron, Baryt und Ammoniak 5° weniger Wärme als die übrigen Säuren. Andererseits liefert sie bei Verbindung mit Quecksilberoxyd 7°,1, während die Sauerstoffsäuren mit derselben Basis nur 1°,27 geben.

43) Ich will nun einige Versuche zur Stütze des Gesetzes II anführen, dafs nämlich bei der Umwandlung eines neutralen Salzes in ein saures keine Wärme-Entwicklung stattfindet.

44) 23 Grm. Kalilösung, enthaltend 0,353 Grm. Kali wurden gemischt mit 7 Grm. Kleesäure-Lösung, enthaltend 0,271 Grm. oder 1 Aequiv. Säure.

Temperatur-Erhöhung nach der Vermischung =5°,7.

45) 31 Grm. einer Lösung von neutralem kleesauren Kali enthaltend 0,624 Grm. Salz, wurden gemischt mit 9 Grm. Kleesäure-Lösung, worin 0,271 Grm. oder 1 Aeq. Säure.

Temperatur-Erhöhung nach der Vermischung =0°,0.

46) Die im letzten Versuch erhaltene Lösung des doppelt-kleesauren Kalis wurde gemischt mit 18 Grm. der Kleesäure-Lösung also 2 Aeq.

Temperatur-Erhöhung nach der Vermischung =0°,15.

Nach einiger Zeit begannen Krystalle von vierfach-kleesaurem Kali sich zu bilden, was die geringe Temperatur-Erhöhung erklärt.

47) Bei Zusatz eines zweiten Atoms Schwefelsäure zu einer Lösung von schwefelsaurem Kali stieg die Temperatur nur um 0°,1, obwohl die Verbindung des ersten Atoms 6°,3 Wärme entwickelt hatte.

48) Aehnliche Resultate wurden mit kleesaurem, weinsaurem und essigsaurem Natron bei Verwandlung in die entsprechenden sauren Salze erhalten; und bei der Neutralisirung dieser sauren Salze durch die Base wurde beständig dieselbe Wärme entwickelt, wie wenn der Ueberschufs der Säure im freien Zustand vorhanden gewesen wäre. Als besonderen Fall will ich das doppelt-

pelt-chromsaure Kali anführen, welches bei Verwandlung in neutrales Salz eine Wärme-Menge entband, die von Säuren im Allgemeinen mit Kali entwickelten, nämlich 6°,45, entsprach. Bei Prüfung dieses Satzes mufs man sorgfältig darauf sehen, solche Beispiele auszuwählen, wo alle Verbindungen lösliche Salze sind; sonst würde die aus dem starren Niederschlag tretende latente Wärme das Resultat stören und compliciren. Aus diesem Grunde wird die Bildung des doppelt-weinsauren Kalis von Wärme-Entwicklung begleitet, obwohl keine statt hat, wenn sich neutrales weinsaures Natron mit einem zweiten Atom Säure verbindet.

49) Zur ferneren Erläuterung dieses Satzes kann ich nicht unterlassen einen interessanten Versuch zu beschreiben, obwohl die vollständige Erklärung desselben die Betrachtung einer Klasse von Erscheinungen einschliefst, die ich sorgfältig von gegenwärtiger Mittheilung ausgeschlossen habe. Ich bereitete drei Lösungen, jede 25 Grm. wiegend, und enthaltend die erste 0,353 ätzendes Kali, die zweite 0,520 kohlensaures Kali und die dritte 0,683 Grm. doppelt-kohlensaures Kali, so dafs also eine jede gleich viel wirkliches Alkali enthielt. Sie wurden nun einzeln durch 5 Grm. einer Lösung von Salpetersäure gesättigt, welche einen beträchtlichen Ueberschufs an Säure enthielt, und die beiden letzteren wurden gut umgerührt, um, so weit als möglich, das Kohlensäure-Gas vor Beobachtung der Endtemperatur auszutreiben. Die Temperatur-Erhöhungen waren beim

		Unterschied.
ätzenden Kali	5°,8	
kohlensauren Kali	1 ,7	4°,1
doppelt-kohlensauren Kali	0 ,4	1 ,3

50) Wir sehen demnach, dafs die Abscheidung des ersten Atoms Kohlensäure im Gaszustande aus seiner Verbindung mit dem Alkali das Verschwinden von 4°,1

Wärme zur Folge hatte, während die Abscheidung des zweiten Atoms und seine vollständige Austreibung im Gaszustande nur eine fernere Temperatur-Verringerung von 1°,3 hervorbrachte. Bei diesen Beobachtungen sind zwei verschiedene Quellen von Wärme-Verschluckung vorhanden; die Zerlegung der chemischen Verbindung in ihre Bestandtheile und die Umwandlung des einen dieser Bestandtheile aus dem flüssigen in den gasigen Zustand. Hätten beide Ursachen gleichmäfsig auf das zweite wie auf das erste Atom Kohlensäure gewirkt, so würden wir beim Bicarbonat eine eben so grofse Temperatur-Verminderung wie bei dem Carbonat erhalten haben, oder das Thermometer würde um 2°,4 gesunken, statt 0°,40 gestiegen seyn. Allein die Verwandlung des zweiten Atoms Kohlensäure in den Gaszustand wird vollständig bewirkt, während eine beträchtliche Portion des ersten Atoms in der Flüssigkeit gelöst bleibt; folglich kann der auffallende Unterschied in dem Resultat nur gemäfs dem zweiten Gesetz erklärt werden, dafs die Verbindung oder Abscheidung des zweiten Atoms Kohlensäure von keiner Entwicklung oder Verschluckung von Wärme begleitet wird.

51) Die drei-basischen Säuren, Phosphor- und Arsensäure, zeigen bei ihrer Verbindung mit fixen Alkalien eine leichte Abweichung von diesem Gesetz, und zugleich stimmen ihre Resultate genau mit einander. Die folgende Tafel enthält die Temperatur-Anwüchse, welche man beobachtet, wenn Lösungen, welche die durch das erste und zweite Glied bezeichneten Verbindungen enthalten, mit einander vermischt werden. Das Symbol NaO entspricht wie zuvor 0,234 Grm. Natron und das gesammte Gewicht der Lösung betrug 30 Grm.

	Gefunden.	Berichtigt
$(NaO + \frac{1}{2} P_2 O_5) + \frac{1}{4} P_2 O_5$	0°,40	0°,46
$(NaO + \frac{3}{4} P_2 O_5) + \frac{1}{4} P_2 O_5$	0 ,30	0 ,35.

52) In andern Worten: die Verbindung des gemeinen phosphorsauren Natrons mit halb so viel Säure als es bereits enthält, erzeugt einen Temperatur-Anwuchs von 0°,46, und die vollständige Verwandlung desselben in Biphosphat eine fernere Erhöhung von 0°,35. Aehnliche Zahlen wurden mit der Arsensäure erhalten.

	Gefunden.	Berichtigt
$(NaO + \frac{1}{2} As_2O_5) + \frac{1}{4} As_2O_5$	0°,40	0°,46
$(NaO + \frac{3}{4} As_2O_5) + \frac{1}{4} As_2O_5$	0 ,35	0 ,40.

53) Dieselbe Säure gab mit Kali:

	Gefunden.	Berichtigt.
$(KO + \frac{1}{2} As_2O_5) + \frac{1}{2} As_2O_5$	0°,80	0°,93.

54) Aus diesen Beobachtungen folgt, daſs bei Verwandlung der gewöhnlichen phosphor- und arsensauren Salze in saure Salze nur ein Siebentel von der Wärme-Menge entwickelt wird, welche bei Bildung dieser Salze selbst erzeugt wird. Da jedoch die phosphor- und arsensauren Salze nicht strenge neutral sind und ihre Lösungen alkalisch reagiren, so ist es vielleicht kaum recht, sie als Ausnahmen von dem Gesetz II anzuführen. Die Pyrophosphorsäure erzeugt unter ähnlichen Umständen kaum einige Wärme; sie ähnelt in diesen und anderen thermischen Eigenschaften den gewöhnlichen Säuren. Bezeichnet man die Pyrophosphorsäure mit Pyr_2O_5, so haben wir:

	Gefunden.	Berichtigt.
$(NaO + \frac{1}{2} Pyr_2O_5) + \frac{1}{4} Pyr_2O_5$	0°,15	0°,17
$(NaO + \frac{3}{4} Pyr_2O_5) + \frac{1}{4} Pyr_2O_5$	0 ,00	0 ,00

55) Die Bildung der basischen phosphor- und arsensauren Alkalien, aus Verbindung der gewöhnlichen phosphor- und arsensauren Salze durch Zusatz eines Aequivalents Base, wird von einer bestimmten Wärme-Entwicklung begleitet. Als ich zu Lösungen dieser Salze,

welche von den Alkalien die zuvor erwähnten Aequivalente enthielten ($NaO = 0,234$ Grm.; $KO = 0,353$ Grm.) alkalische Lösungen zusetzte, die halb so viel Base enthielten als bereits in den Salzen selbst befindlich war, bekam ich sehr übereinstimmende Resultate:

	Gefunden.	Berichtigt.
$(NaO + \frac{1}{2}P_2O_5) + \frac{1}{2}NaO$	1°,7	1°,97
$(NaO + \frac{1}{2}As_2O_5) + \frac{1}{2}NaO$	1 ,7	1 ,97
$(KO + \frac{1}{2}As_2O_5) + \frac{1}{2}KO$	1 ,7	1 ,97
$(NaO + \frac{1}{2}Pyr_2O_5) + \frac{1}{2}NaO$	0 ,1	0 ,12.

56) Dafs die Wärme-Erregung verknüpft war mit der Bildung von basischem Salz geht deutlich aus dem Umstand hervor, dafs ein fernerer Zusatz von Alkali keine Temperatur-Erhöhung zur Folge hatte. Die Abwesenheit jeglicher Wärme beim pyrophosphorsauren Natron erklärt sich leicht nach demselben Princip, nach welchem Graham die Nicht-Existenz des basischen pyrophosphorsauren Natrons erwiesen hat.

57) Die Bildung dieser basischen Salze übt einen merkwürdigen Einflufs auf die entwickelten Wärmemengen aus, wenn die Base durch successive Portionen Säure neutralisirt wird. Gemeiniglich ist die hiebei entwickelte Wärme proportional der hinzugefügten Säure. So ist, wenn man eine Lösung von ätzendem Kali mit einem Viertel, der Hälfte u. s. w. eines Aequivalents Salpetersäure sättigt, die Temperatur-Erhöhung die Hälfte, ein Viertel u. s. w. von der, welche man bei vollständiger Sättigung des Alkalis beobachtet. Dasselbe gilt, wie ich finde, wenn successive Portionen von Phosphorsäure (dreibasischer) und Arsensäure zu Aetzkali-Lösungen gesetzt werden, bis sich die basischen Salze bilden; allein nach diesem Punkt befolgen sie ein ganz anderes Gesetz, wie aus nachstehender Tafel erhellt:

	Gefunden.	Berichtigt.
I. $NaO + \frac{1}{3} P_2O_5$	4°,65	5°,40
$(NaO + \frac{1}{3} P_2O_5) + \frac{1}{6} P_2O_5$	0 ,90	1 ,01
II. $NaO + \frac{1}{3} As_2O_5$	4 ,75	5 ,51
$(NaO + \frac{1}{3} As_2O_5) + \frac{1}{6} As_2O_5$	0 ,85	0 ,99
III. $KO + \frac{1}{3} As_2O_5$	4 ,80	5 ,56
$(KO + \frac{1}{3} As_2O_5) + \frac{1}{6} As_2O_5$	0 ,90	1 ,04.

58) Hätten die Wärme-Entwicklungen den Säure-Zusätzen entsprochen, so würden die zweiten Zahlen die Hälfte der ersten in jeder Versuchsreihe gewesen seyn, folglich die Temperatur-Anwüchse für gleiche Portionen Säure nahe wie 2,5 : 1 vor und nach der Bildung des basischen Salzes. Die Pyrophosphorsäure dagegen zeigt keine solche Unregelmäfsigkeit, indem sie für gleiche Säure-Zusätze gleiche Wärme-Anwüchse entwikkelt, bis das pyrophosphorsaure Natron ($NaO + Pyr_2O_5$) gebildet ist.

59) Es mag vielleicht voreilig seyn, aus so unvollkommenen und beschränkten Datis irgend eine allgemeine Bemerkung über die vorstehenden Versuche zu geben; defsungeachtet will ich zu zeigen wagen, dafs das zweite und dritte Gesetz mit den so geschickt von Graham entwickelten allgemeinen Ansichten über die Constitution der Salze übereinstimmt. Die Umwandlung eines neutralen Salzes in ein saures, in Wirklichkeit die Bildung eines Doppelsalzes, wird von keiner Wärme-Entbindung begleitet, weil Verbindungen, wie die letzteren, keine Wärme entwickeln. Keine Wärme wird ausgeschieden, wenn sich weinsaures Kali und weinsaures Natron verbinden; folglich wird auch keine frei, wenn weinsaures Natron sich mit weinsaurem Wasser verbindet. Allein andererseits wird Wärme frei, wenn man die Basis im weinsauren Wasser durch Natron ersetzt; weil das Natron bei seiner Verbindung mit Säuren mehr Wärme entwickelt als Wasser. Ob bei Bildung der verschiedenen Wasserstoffsäuren eine gleiche Wärme-Menge entwik-

kelt werde, ist eine interessante, bis jetzt noch nicht erledigte Frage; allein es steht wenig zu bezweifeln, dafs das Wasser, in Bezug auf Wärme-Erregung bei Verbindung mit Säuren, einen sehr niedrigen Rang unter den Basen einnimmt. Nach denselben Principien und mit Berücksichtigung der Beobachtungen von Graham können wir die Ursache der Wärme-Entwicklung bei Umwandlung der neutralen Phosphate und Arseniate in basische begreifen. In der That ist hier ein Aequivalent Wasser wieder ersetzt durch ein Aequivalent Alkali, gerade wie es bei den directen Verbindungen der Säuren und Alkalien der Fall ist [1]).

1) Als die im vorstehenden Aufsatz beschriebenen Versuche fast beendet waren, empfing ich das 6te Heft von Poggendorff's Annalen für 1840, welches eine schätzbare Abhandlung von Hrn. Hefs, betitelt: „thermo-chemische Untersuchungen," enthält. Die von Hrn. Hefs beschriebenen Versuche erstrecken sich hauptsächlich auf die Wärme, welche bei Verbindung von Schwefelsäure und Wasser entwickelt wird, — ein Gegenstand, der in diesem Aufsatz nicht berührt ist. Jedoch hat er seine Untersuchung auch ausgedehnt auf die Wärme-Entwicklung bei Verbindung von Schwefelsäure mit Kali, Natron, Ammoniak und Kalk, so wie auch von Chlorwasserstoffsäure mit Kali, Natron und Ammoniak. Die von Hrn. Hefs erhaltenen Resultate können indefs nicht unmittelbar mit den in dieser Mittheilung gegebenen verglichen werden, da seine Versuche mit stärkeren Säuren, die bei Verdünnung mit Wasser Wärme entwickelten, angestellt wurden. Die dabei entwickelte Wärme ist, wie Hr. Hefs gezeigt hat, die nämliche, es mögen Säure und Wasser in Gegenwart einer Base oder für sich zusammen gemischt werden, eben so hat er genaue Data geliefert, mittelst deren die, bei seinen Vrrsuchen, aus dieser Quelle entspringende Wärme bestimmt werden kann. Nehmen wir nun mit ihm als Vergleichungspunkt die Zahl von Grammen Wasser an, welche um 1° Centigr. erwärmt werden, wenn man jedes Alkali mit 1 Grm. Schwefelsäure oder dem entsprechenden Aequivalent (0,908 Grm.) Chlorwasserstoffsäure sättigt, — alle im Zustande groser Verdünnung genommen, so können wir aus den vorhergehenden Tabellen die in der ersten der folgenden Spalten enthaltenen numerischen Resultate herleiten, während die in der zweiten aus der Abhandlung des Hrn. Hefs entnommen sind:

VI. *Neue Untersuchungen über die Eigenschaften der discontinuirlichen elektrischen Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung;* von Hrn. *Professor A. De la Rive.*

(Aus dem vom Hrn. Verfasser übersandten „*Archives de l'électricité*," einem Supplement zur *Bibliothèque universelle* [1]).

Vor drei Jahren habe ich in den Abhandlungen der Genfer Gesellschaft für Physik und Naturgeschichte *Untersuchungen über die Eigenschaften der magneto-elektrischen Ströme* veröffentlicht [2]). In dieser Abhandlung unternehme ich es, gewisse Punkte gründlicher zu untersuchen und die Ursache einiger der beschriebenen Er-

		Tafeln.	Hefs.
Schwefelsäure mit	Kali	407	406
	Natron	413	411
	Ammoniak	352	403
Chlorwasserstoffs. mit	Kali	364	362
	Natron	373	368
	Ammoniak	310	318

Es ist sehr befriedigend zu sehen, wie genau diese Zahlen mit einander übereinstimmen, mit alleiniger Ausnahme der, welche die bei Verbindung von Schwefelsäure und Ammoniak entwickelte Wärme ausdrückt. Vergebens habe ich mich bemüht die Ursache dieser Abweichung aufzufinden; allein vermuthlich hängt sie von einem Umstand in dem Versuch des Hrn. Hefs ab, der meiner Beobachtung entgangen seyn mag. (Die späteren Arbeiten des Hrn. Hefs, in Bd. LII und LIII d. Ann. konnten Hrn. Andrews noch nicht bekannt seyn. *P.*)

1) Ich erfülle durch Aufnahme dieser Abhandlung einen speciellen Wunsch des Hrn. Verfassers, desto lieber, als ich damit meine Unpartheilichkeit in einer Streitfrage zu bezeugen glaube, in der ich sonst nicht auf Seite des berühmten Genfer Physikers treten kann. *P.*

2) Sie sind mitgetheilt in diesen Ann. Bd. XXXXV S. 163 und 407.

scheinungen besser auseinanderzusetzen, als es in jener ersten geschehen ist. Ich hatte diese Verbindlichkeit nicht aus dem Auge verloren, und halte desto mehr auf ihre Erfüllung, als meine frühere Arbeit der Gegenstand einiger kritischen Bemerkungen abseiten eines deutschen Physikers, des Hrn. Lenz, gewesen ist, und ich auf diese Bemerkungen zu antworten wünsche. — Schon der Titel, welchen ich der gegenwärtigen Abhandlung gebe, ist eine Antwort; denn einer der wichtigsten Einwürfe, die Hr. Lenz mir gemacht, besteht darin, wie man sehen wird, dafs ich die von mir angewandten Ströme mit dem Namen »*magneto-elektrische Ströme*« bezeichnete, und denselben darum, weil sie von Magneten hervorgebracht waren, einen eigenthümlichen und fast mysteriösen Einflufs beizulegen schiene. Nun aber legte ich, wie ich weiterhin auseinandersetzen werde, auf die Benennung *magneto-elektrisch* keine andere Wichtigkeit, als die, dafs ich damit klar bezeichnen wollte, durch welches Mittel ich mir die Ströme verschafft hatte, welche Gegenstand meines Studiums ausmachten. Wohl wufste ich, dafs das, was diese Ströme charakterisirt und von andern Strömen unterscheidet, ihre Discontinuität und ihre abwechselnd entgegengesetzte Richtung ist. Durch diesen doppelten Charakter schien mir diese Gattung von Strömen eine Wichtigkeit zu haben, deren Wirklichkeit durch die Erfahrung bestätigt ist, denn sie hat mir gezeigt, dafs ihre Anwendung zu Erscheinungen von ganz neuer Ordnung und wirklichem Interesse für die Wissenschaft führen kann.

Die unterbrochenen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme können auf verschiedene Weise erregt werden und nicht blofs durch Magnete. Es ist daher zweckmäfsig sie durch das zu bezeichnen, was ihren Hauptcharakter, so zu sagen ihre Wesenheit, ausmacht, mehr als durch einen Nebenumstand, wie diese oder jene Erregungsweise. Diefs habe ich gegenwärtig gethan; und

ich thue es um so lieber, als ich gerade bezwecke, noch mehr als in meiner früheren Arbeit, aus meinen Versuchen Vortheil zu ziehen von zwei Umständen, welche diese Ströme unterscheiden von den gewöhnlichen Strömen der Volta'schen Säule, mit welchen ich sie zu vergleichen bemüht seyn werde.

Ehe ich meine neuen Untersuchungen auseinandersetze, werde ich die kritischen Bemerkungen des Hrn. Lenz einer Prüfung unterwerfen und sie zu beantworten suchen. Diese Prüfung und diese Antworten, welche mich ganz natürlich zu einer Wiederaufnahme einiger Punkte meiner ersten Abhandlung geführt haben, dienen sonach als Einleitung zum zweiten Theil dieser Abhandlung, welcher die neuen Untersuchungen enthält.

Erster Theil. — Prüfung der kritischen Bemerkungen des Hrn. Lenz über meine Abhandlung: *Untersuchungen über die Eigenschaften der magneto-elektrischen Ströme.*

Hr. Lenz hat die Bemerkungen über meine frühere Abhandlung, von denen ich sprach, in den *Annalen der Physik* von Poggendorff [1]) veröffentlicht; er hat sie unter dieselben Abtheilungen gebracht, welche ich bei meinen Untersuchungen befolgte. Ich werde demnach auch diese Ordnung bei der gegenwärtigen Prüfung beibehalten.

§. 1. Allgemeine Betrachtungen über die magneto-elektrischen Ströme.

Hr. Lenz beginnt damit, die Meinung zu bestreiten, dafs zwischen elektrischen Strömen verschiedenen Ursprungs eine specifische Verschiedenheit stattfinden könne. Er giebt nicht zu, dafs unter den Strömen einige besonders chemische Wirkungen, andere besonders

1) Band XXXXVIII S. 385.

Wärmewirkungen hervorzubringen geeignet seyen. Er verwirft die Idee, dafs das Verhältnifs der Leitungsfähigkeiten der Körper nicht gleich sey für starke und schwache Ströme. Er schreibt die Fehler, in welche, nach ihm, die Physiker in dieser Beziehung gefallen sind, ihrer Unkenntnifs des Ohm'schen Gesetzes zu, eines Gesetzes, dessen Entdeckung ihm eine der wichtigsten in der Volta'schen Elektricität zu seyn scheint.

Ohne die Wichtigkeit des Ohm'schen Gesetzes zu läugnen, erlaube ich mir zu bemerken, dafs man die Umstände, deren Einflufs diefs Gesetz zu bestimmen bezweckt, unterscheiden mufs von der Form, unter welcher es darüber Rechenschaft giebt. Was die Umstände betrifft, welche ich selbst in einer in den *Annales de chimie et de physique*, *Mars* 1828 [1]) veröffentlichten Abhandlung aufgezählt hatte, so hatte ich ausdrücklich gesagt, dafs die Intensität eines elektrischen Stromes in einer Volta'schen Kette nicht blofs abhängt von der relativen Energie der beiden Metalle, von der erzeugenden Ursache, nämlich, nach mir, der chemischen Action; sondern auch, dafs sie abhängt von den Widerständen, welche der Strom auf seinem Durchgang durch die Kette antrifft. Ich hatte gezeigt, dafs diese Widerstände sind: die unvollkommene Leitungsfähigkeit der starren Körper und besonders die der Flüssigkeiten in der Kette und die Schwierigkeit, welche die Elektricität bei Durchdringung abwechselnd starrer und flüssiger Leiter findet. Hr. Ohm nimmt an, die Intensität des Stroms sey eine Function von zwei der drei so eben genannten Widerstandsursachen; allein überdiefs hat er die Form dieser Function bestimmt. Giebt aber diese Form von allen möglichen Fällen Rechenschaft? die deutschen Physiker scheinen es zu glauben. Ich habe, ich gestehe es, einige Zweifel in dieser Hinsicht, und vor Allem bin ich

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXXVII p.* 251. (Annalen, Bd. XV S. 130.)

weit von der Ueberzeugung entfernt, dafs die mehr oder weniger grofsen Widerstände, welche ein Strom in der von ihm durchlaufenen Kette antrifft, die einzigen Ursachen der specifischen Charaktere sey, die er in seinen Eigenschaften zeigt. Ich läugne keineswegs, dafs diese Umstände eine sehr grofse Rolle in der Erzeugung der Phänomene spielen. In der schon erwähnten Abhandlung, in einer früheren von 1825 [1]), und in fast allen meinen späteren Untersuchungen über die Elektricität habe ich die Wichtigkeit der Berücksichtigung dieser Widerstände gezeigt. Ich erkläre dadurch den Einflufs der Anzahl und Gröfse der Plattenpaare einer Säule auf die verschiedenen Wirkungen, welche diese hervorzubringen im Stande ist [2]); ich habe daraus die Wärmewirkungen des Volta'schen Stroms erklärt etc. [3]). Nachdem ich anfänglich geglaubt, der Satz von den Widerständen könne alle Umstände erklären, sind mir Zweifel aufgestiegen, die ich in einem Briefe an Hrn. Arago auseinandergesetzt habe [4]), und die mehre Versuche des Hrn. Faraday über die *Intensität* der aus verschiedenen chemischen Actionen entspringenden Ströme zu bestätigen scheinen. Ich werde mich hier nicht weiter über diesen wichtigen Punkt verbreiten, sondern ihn später besonders behandeln. Ich begnüge mich meine Gedanken über das Ohm'sche Gesetz zusammenzufassen, indem ich sage, dafs ich die vollkommene Sicherheit des Princips dieses Gesetzes für noch nicht bewiesen halte, sondern dafs mir, selbst bei Annahme desselben, noch Zweifel bleiben über die Richtigkeit der Form, unter welcher Ohm geglaubt

1) *Annal. de chim. et de phys. T. XXVIII p.* 213.

2) *Annal. de chim. et de phys. T. XXXIX p.* 319.

3) *Annal. de chim. et de phys. T. XL p.* 371. (Annalen, Bd. XV S. 257.)

4) *Annal. de chim. et de phys. T. LXI p.* 38. (Ann. Bd. XXXVII S. 225.)

hat, in den allgemeinen Ausdruck für die Intensität eines Stroms die diese Intensität bedingenden Umstände einführen zu können. Diese Zweifel schöpfe ich wesentlich aus der Schwierigkeit, jeden der bedingenden Umstände auf eine absolute Weise absondern zu können, was doch nothwendig geschehen müfste, um seinen Theil am Einflufs kennen zu lernen; aus den zahlreichen Anomalien, welche die Erfahrung, besonders bei starken Strömen, darbietet, Anomalien, die nicht leicht zu erklären sind; und endlich aus dem innigen Zusammenhang, den ich zwischen den chemischen und elektrischen Actionen bestehend finde, so wie aus dem Einklang, der daraus zwischen den Veränderungen dieser letzteren und denen der ersteren hervorgehen mufs [1]).

Nach der so eben angeführten allgemeinen Bemerkung macht Hr. Lenz zwei specielle über die von mir angewandten Apparate. Die eine bezieht sich auf die Natur der von mir studirten Ströme, die andere auf den Gebrauch, den ich vom Bréguet'schen Thermometer gemacht, um die Intensität dieser Ströme mittelst ihrer Wärmewirkung zu messen.

Die erste Bemerkung besteht, so weit ich sie verstehe, genau in Folgendem. Der Verfasser scheint zu glauben, dafs ich den einzelnen, durch Induction erzeugten Strömen und nicht deren Gesammtheit die Eigenschaften zuschreibe, welche ich gesucht habe in den magneto-elektrischen Strömen zu entdecken. Er scheint vorauszusetzen, dafs ich den Ursprung dieser Ströme mehr

1) Das Zutrauen deutscher Physiker zu der Richtigkeit des von Ohm entdeckten Gesetzes beruht auf zahlreichen und sorgfältigen *Messungen*, — Messungen, die dasselbe noch bisher unter allen Umständen, für welche das Gesetz aufgestellt worden ist, gerechtfertigt haben. Nur Maafs und Zahl können hier entscheiden; blofse Zweifel sind ohne alles Gewicht. — Uebrigens besteht das grofse Verdienst von Ohm gerade in der Entdeckung der Form der Function, denn dafs der Strom einer Kette verschieden sey nach Maafsgabe der Leitungsfähigkeit der die Kette bildenden Körper, ist eine Erfahrung fast so alt wie der gesammte Voltaismus. *P.*

als ihre Gruppirungsweise für die Ursache der von ihnen hervorgebrachten Erscheinungen halte, und er bemerkt, dafs ich demgemäfs die Wirkung eines jeden einzelnen Stroms und nicht die einer mehr oder weniger raschen Aufeinanderfolge derselben hätte studiren müssen. Diefs Studium hat er selbst weiterhin vorgenommen, und die Resultate desselben stimmen nicht ganz mit denen über ein, welche ich erhielt, als ich mich mit demselben Gegenstand unter einem andern Gesichtspunkt beschäftigte.

Ich gestehe, nicht einzusehen, was mich hätte nöthigen sollen, mich mehr mit den einzelnen Strömen als mit deren Gesammtheit zu beschäftigen. Ich habe einen Apparat (einen Clarke'schen), welcher mir eine Reihe elektrischer Inductionsströme giebt; ich beschreibe den Apparat; ich gebe den von ihm entwickelten Strömen einen Namen (*magneto-elektrische Ströme*), welcher, ohne etwas über ihre Eigenschaften vorauszubestimmen, an den Apparat erinnert, aus welchen sie hervorgehen; ich suche ihre Wirkungen zu zergliedern; ich entwickle die Gesetze, denen diese Wirkungen mir scheinen unterworfen zu seyn. Streng genommen hätte ich hiebei stehen bleiben können, und nichts zu sagen brauchen über die Ursache, welcher ich diese Wirkungen zuschreibe. Indefs habe ich mich an mehren Stellen meiner Abhandlung über diesen Punkt ausgesprochen und immer eine entgegengesetzte Meinung geäufsert, als mir Hr. Lenz beizulegen scheint, der mich, so wie es scheint, schlecht verstanden hat. Ich habe gesagt, ich schriebe die speciellen Eigenschaften der magneto-elektrischen Ströme nicht dem Umstand zu, dafs sie von Magneten hervorgebracht, sondern dem, dafs sie discontinuirlich und abwechselnd entgegengesetzt gerichtet sind [1]). Wenn ich,

1) Diefs geht aus mehren Stellen meiner Abhandlung hervor, namentlich aus folgender:

Nachdem ich den angewandten Apparat beschrieben habe, füge ich hinzu: „Zwar kann man durch einen Kunstgriff den einen die-

um mir diese Ströme zu verschaffen, einen Magnet gebrauchte, so geschah es, weil ich fand, dafs diefs das bequemste und zugleich zweckmäfsigste Mittel sey, sie von constanter Intensität zu erhalten. Ich habe niemals geläugnet, dafs Ströme, welche alle dieselben Bedingungen erfüllen, aber aus verschiedenen Quellen herstammen, nicht gleiche Eigenschaften besitzen könnten.

Die zweite vorläufige Bemerkung des Hrn. Lenz bezieht sich, wie gesagt, auf den Gebrauch, den ich vom Bréguet'schen Thermometer mache, um mittelst der Temperatur-Erhöhung, die die magneto-elektrischen Ströme in der Feder dieses Thermometers hervorbringen, die Intensität dieser Ströme zu messen. Hr. Lenz bemerkt, der Strom vertheile sich unter die die Feder zusammensetzenden Silber-, Gold- und Platinlamellen nach Maafsgabe von deren Elektricitätsleitung und demgemäfs ungleich, der Strom müsse sie auch ungleich erwärmen, theils dieses Umstandes wegen, theils weil er desto mehr Wärme entwickle, je gröfseren Widerstand er antreffe. Er schliefst daraus, die Erwärmung der Feder eines Bréguet'schen Thermometers durch den elektrischen

ser beiden abwechselnd entgegengesetzten Ströme verschwinden machen, so dafs man nur eine Folge von Strömen in gleicher Richtung hat; allen sie verlieren alsdann einen grofsen Theil ihrer Stärke und *einige ihrer merkwürdigsten Eigenschaften*" (Ann. Bd. XXXXV S. 165). Diefs ist wohl ein Beweis, dafs ich die abwechselnd entgegengesetzte Richtung dieser Ströme als die Ursache einiger ihrer merkwürdigsten Eigenschaften betrachte.

Weiterhin, wo ich von den so ausgezeichneten physiologischen Wirkungen dieser Ströme rede, sage ich: Es scheint, dafs die Macht dieser Ströme wesentlich von ihrer Discontinuität herrührt; denn, wie stark auch der Strom sey, so weifs man doch, dafs, wenn derselbe continuirlich wirkt, das seiner Wirkung ausgesetzte Thier nur Zuckungen erfährt im Moment, da diese Wirkung beginnt und wo sie aufhört. Ueberdiefs kann man dieselbe Wirkung erhalten, *wenn man, mittelst eines sehr einfachen Kunstgriffs, den Strom einer einfachen Volta'schen Kette discontinuirlich macht* (Ann. Bd. XLV S. 168).

Strom sey ein sehr verwickeltes Phänomen, und man könne sich derselben nicht zur Messung der Intensität dieser Ströme bedienen.

Ich halte es mit Hrn. Lenz für sehr wahrscheinlich, dafs der Strom sich ungleich vertheile, unter die drei Lamellen der Feder; allein ich schliefse daraus nicht, dafs diese Lamellen nicht genau dieselbe Temperatur haben. Ich bemerke zunächst, dafs die beiden Umstände, welche vorhin als eine verschiedene Temperatur in jeder Lamelle bedingend angeführt wurden, einander compensiren; denn wenn einerseits die weniger leitende Lamelle weniger Elektricität durchläfst, so erwärmt sie sich andererseits mehr durch Wirkung desselben Stroms, eben wegen des gröfseren Widerstandes, den sie darbietet. Wie übrigens auch der Strom vertheilt seyn mag, so ist es doch unmöglich, dafs nicht die Temperatur-Erhöhung, die daraus hervorgeht, gleich sey in dem zusammenstofsenden Theil der drei Lamellen. Die Gesammtheit dieser drei Lamellen ist nicht dicker als 0,02 Linien, und wie kann man glauben, dafs während eines Versuchs, der immer wenigstens einige Minuten dauert, die entsprechenden Punkte der drei Lamellen sich auf ungleichen Temperaturen zu erhalten vermögen? Diefs würde allen Erscheinungen der Wärmeleitung und des steten Strebens der Wärme zum Gleichgewicht zuwider seyn. Ueberdiefs liegt wenig daran; der elektrische Strom entwickelt Wärme beim Durchgang durch die Feder des Bréguet'schen Thermometers, und ich habe in einer früheren Abhandlung als die besagte gefunden [1]), dafs die aus der Temperatur-Erhöhung dieser Feder hergeleitete Intensität des Stroms nicht merklich abweicht von der, welche sich aus andern galvanometrischen Verfahrungsarten ergiebt. Hr. Lenz kannte vermuthlich nicht die erwähnte Abhandlung.

1) *Annales de chim. et de phys. T. LXII p.* 147. (Annalen, Bd. XXXX S. 355 und 515.)

Uebrigens will ich aus Vorstehendem nicht folgern, dafs die Intensität des Stroms den Angaben des Bréguet'schen Thermometers genau proportional sey. Ich habe niemals diese Behauptung aufgestellt, desto weniger, als ich es für sehr schwierig halte ein Instrument aufzufinden, dessen Angaben genau im Verhältnifs zu den Veränderungen der Intensität stehen. Wenn ich mich eines Metallthermometers bediene, so geschieht es einerseits, weil ich es beim Studium der elektrischen Ströme für nützlich halte alle ihre Intensitätsvariationen in Bezug auf alle ihre Wirkungen zu untersuchen; andererseits, weil es wegen des steten Wechsels in der Richtung der aufeinanderfolgenden Ströme unmöglich war, bei dem Studium dieser Ströme das chemische oder das magnetische Galvanometer zu gebrauchen. Bei dem chemischen Galvanometer kommen nämlich die aus der Zersetzung des Wassers hervorgehenden Gase beide fast gleichzeitig an jedem der als Pole dienenden Platindrähte an, und sie verbinden sich demnach gröfstentheils wieder zu Wasser; und bei dem magnetischen Galvanometer gehorcht die Nadel, da die beiden abwechselnden Ströme einander mit grofser Schnelligkeit folgen, gleichzeitig dem einen oder dem andern, je nach seiner Stellung zu den Drähten des Instruments, oder bleibt vollkommen in Ruhe [1]).

Hr.

1) Es ist indefs zu bemerken, dafs Hr. De la Rive früher die Sache nicht so ansah, sondern die Ablenkung der Galvanometernadel (die unter diesen Umständen nur eine secundäre Wirkung des Stroms ist) mit dem Steigen des Thermometers verglich. Das Ausbleiben dieser Ablenkung bei einem Meilen langen Draht verleitete ihn dabei zu dem Fehlschlufs, dafs eine solche Drahtlänge nicht mehr von den besagten magneto-elektrischen Strömen durchlaufen werde; während in Wahrheit nur deshalb keine Ablenkung erfolgte, weil jene secundäre, d. h. die magnetisirende Wirkung des Stroms, bei der grofsen Schwäche desselben, nahezu oder ganz aufgehoben war. Auch ist es unrichtig oder mindestens unklar zu sagen, dafs die Nadel gleichgültig dem einen oder andern Strome gehorche; denn diese Indifferenz entspringt

Hr. Lenz hat sich, bei Wiederholung und Abänderung meiner Versuche, der Ablenkung der Magnetnadel bedient, hat aber dabei nur einen einzigen instantanen Strom angewandt, denjenigen, welchen man durch Abreifsen eines mit Draht umwickelten Eisens von einem Magnet in diesem Draht erhält. Ich stehe nicht an, die Unterschiede, welche zwischen den von ihm und mir gefundenen Resultaten vorhanden sind, der Verschiedenartigkeit der von uns angewandten Ströme zuzuschreiben. Dafs Hr. Lenz es interessanter findet, die Wirkungen eines einzigen instantanen Stroms zu bestimmen, dagegen habe ich nichts; zugleich mufs es aber auch mir erlaubt seyn, mich mit den Erscheinungen, die eine Reihe instantaner Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung erzeugt, zu beschäftigen. Ich glaube, dafs diefs Studium zu wichtigen Folgerungen führen kann, und, dafs ich dasselbe ergriff, geschah nicht aus Grille, sondern aus Gründen, die von weither datiren, und mich absichtlich ein einfaches und leichtes Mittel zur Hervorrufung solcher Ströme anwenden liefsen.

II. Durchgang der magneto-elektrischen Ströme durch metallene Leiter.

Ich hatte gefunden, dafs die magneto-elektrischen Ströme besser durch einen heterogenen Leiter als durch einen homogenen geleitet werden. Der Versuch, den ich zur Stütze dieser Meinung beibringe, ist dieser: »Bei Durchlaufung eines Leiters von gleicher Gesammtlänge, d. h. von einem Meter, aber gebildet aus *zwei* an den Enden verknüpften Drähten, einem von *Eisen* und dem andern von *Kupfer*, gab der Strom 75° (am Bréguet'schen Thermometer); als darauf *vier* Drähte, abwechselnd von *Kupfer* und *Eisen* aber von derselben Gesammtlänge, mit den Enden verknüpft wurden, gab dieser

aus der Wirkung *beider* Ströme oder *beider* Reihen von Stromtheilen. S. meine Abhandlung in den Ann. Bd. XXXXV S. 357. *P.*

Strom 76°, und er gab 77° als dieser Leiter aus *acht* Stücken abwechselnd von Kupfer und Eisen bestand. In allen Fällen war die Gesammtlänge des Leiters die nämliche, und Kupfer- wie Eisendrähte hatten sämmtlich denselben Durchmesser von einem Millimeter.«

Ich füge sogleich hinzu: Wahrscheinlich liegt der Vorzug der heterogenen Leiter in dem Umstand, dafs die magneto-elektrischen Ströme discontinuirlich und abwechselnd entgegengesetzt gerichtet sind, während die Volta'schen und thermo-elektrischen, als continuirlich und immer von gleicher Richtung, homogene Leiter leichter durchlaufen [1]).

Hr. Lenz hat dieselben Versuche angestellt; allein, wie gesagt, mit einem einzigen instantanen Strom, welcher eine Galvanometernadel ablenkte. Er beobachtete keinen Unterschied in der Intensität des Stroms, es mochten die gleich langen Stücke von Kupfer- und Eisendraht, die er durchlief, abwechselnd oder nicht abwechselnd hinter einander gelegt seyn. Ich würde keineswegs erstaunt seyn, wenn Hr. L. einen entgegengesetzten Unterschied wie ich gefunden hätte; denn es ist durch meine eigenen und Hrn. Peltier's Versuche bekannt, dafs ein Wechsel der Leiter (selbst wenn die Leiter beide metallisch sind), für einen beständig in gleichem Sinn gerichteten Strom eine Ursache der Schwächung ist. Die Versuche des Hrn. Lenz beweisen, dafs, wenn der Strom instantan ist, keine Schwächung mehr stattfindet; die meinigen dagegen, dafs eine leichte Verstärkung er-

1) Bei Wiederholung dieses Versuchs mit zwei aus Neusilber und Eisen zusammengesetzten Stäben, von denen der eine 23 und der andere nur eine Abwechslung darbot, habe ich, mittelst eines empfindlichen Luftthermometers, das der magneto-elektrische Strom von abwechselnd entgegengesetzter Richtung durchlief, nichts von der angeblich besseren Leitung eines heterogeneren Leiters bestätigt finden können, vielmehr ein kleines Uebergewicht zu Gunsten des blofs aus zwei Stücken zusammengesetzten Stabes beobachtet (Annalen, Bd. LII S. 542). *P.*

folgt, wenn, statt eines instantanen oder continuirlichen Stroms, eine Reihe instantaner Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung das System der abwechselnd verbundenen starren Leiter durchdringt. Das erste dieser Resultate entspringt vermuthlich daraus, dafs ein instantaner Strom, vermöge seiner ungeheuren Projectionskraft nicht empfindlich ist für kleine Unterschiede der Leitungsfähigkeit, wie sie aus der Abwechslung starrer Leiter entspringen. Was ich sage, ist keine blofse Hypothese; denn wie will man es anders erklären, dafs ein instantaner Strom, ungeachtet des grofsen Widerstandes, welcher bei Einschaltung eines organisirten Körpers in seine ganz metallische Kette entsteht, so starke physiologische Wirkungen hervorbringt, während eine Säule, die ein viel weniger guter Leiter ist, so verhältnifsmäfsig schwache giebt? Eine Reihe instantaner discontinuirlicher Ströme mufs dieselbe Eigenschaft zeigen wie ein einzelner; wenn aber diese Ströme in abwechselnd entgegengesetzter Richtung gehen, sind sie nicht nur nicht mehr empfindlich für die Abwechslungen der Leiter, sondern diese Abwechslungen scheinen ihren Durchgang ein wenig zu erleichtern. Ich sehe keinen Widerspruch zwischen diesen Resultaten; und was das von mir gefundene betrifft, so ist es vielleicht voreilig, es erklären zu wollen. Ich enthalte mich auch daher desselben in dieser Abhandlung. Um jedoch zu zeigen, dafs diese Erscheinung in nichts den hergebrachten Ideen widerspricht, erlaube ich mir die Ursache anzudeuten, von welcher sie mir herzustammen scheint, gern einräumend, dafs dieser Gegenstand noch studirt zu werden verdient.

Ein erster instantaner Strom ruft in dem Leiter, den er durchläuft, zwei Inductionsströme hervor: einen *a* im entgegengesetzten Sinn mit dem seinigen, welcher gleichzeitig mit ihm ist, und folglich seine eigene Intensität etwas verringert; den andern *b*, in gleichem Sinn, welcher unmittelbar auf ihn folgt. Dieser Strom ist gleichzei-

tig mit dem zweiten instantanen Strom, welcher unmittelbar auf den ersten folgt, und entgegengesetzte Richtung hat, folglich auch in Richtung dem Strom *b* entgegengesetzt ist. Dieser verringert demnach die Intensität des zweiten instantanen Stroms; dieser zweite Strom ruft seinerseits Inductionsströme hervor, welche dieselbe Wirkung auf ihn selbst und auf den dritten instantanen Strom ausüben, und so fort. Es folgt also aus dem Vorhergehenden, dafs eine Reihe instantaner Ströme, die einen Leiter hin und her durchlaufen, Inductionsströme in diesem Leiter hervorrufen, die ihre ursprüngliche Intensität schwächen. Alles was diese Inductionsströme schwächt, verstärkt um so viel die Intensität der ursprünglichen Ströme; und diese Schwächung wird erzeugt, wenn man die Metalldrähte so anordnet, dafs Kupfer und Eisen möglichst viel mit einander abwechseln; diese Aenderung schwächt in der That ungemein die Induction des Stroms auf sich selbst, die, wie man weifs, desto stärker ist, je länger der homogene Leiter, in welchen sie stattfindet.

Diefs ist, wie mir scheint, die natürlichste Erklärung der Erscheinung, welche ich beobachtet habe, und welche bekanntlich daraus entspringt, dafs die Ströme, mit welchen ich sie erhalten habe, instantan und abwechselnd entgegengesetzt gerichtet sind.

III. Durchgang der magneto-elektrischen Ströme durch flüssige Leiter.

Hr. Lenz hat den Paragraphen, in welchem ich mich mit dem Durchgang der magneto-elektrischen Ströme durch flüssige Leiter beschäftige, im Detail studirt. Er glaubt, wie ich, dafs der Einflufs der Länge des flüssigen Leiters auf die Intensität der durchgelassenen Elektricität gröfser sey für diese Ströme als für die galvanischen Ströme (*courants magnéto-electriques*). Er bemerkt, diefs sey eine ganz natürliche Folge des Ohm'-

schen Gesetzes. Ich läugne das nicht; denn nachdem ich meine Resultate angeführt, setze ich hinzu:

Ich werde nicht versuchen, in den vorstehenden Tafeln das Gesetz aufzusuchen, nach welchem die Intensität des Stromes mit abnehmender Entfernung zunimmt. In der That ist diefs Gesetz, wie es die schönen Arbeiten der HH. Ohm und Fechner gezeigt haben, gebunden an die Leitungsfähigkeit der ganzen vom Strom durchlaufenen Kette, und folglich, in diesem Fall, an die des Metalldrahts, in welchem er entwickelt wird, und die der Thermometerfeder, die er durchläuft u. s. w.

Eben so wenig stimmt Hr. Lenz mit mir überein, wenn es sich darum handelt, den Einflufs einer in die Flüssigkeit gestellten metallenen Scheidewand auf die Intensität der durchgehenden magneto-elektrischen Ströme zu ermitteln. Ich hatte bemerkt, dafs wenn diese Scheidewand eben so grofs ist als der Querschnitt der Flüssigkeit, in welche sie gestellt worden, die magneto-elektrischen Ströme keinen Intensitätsverlust erfahren, weil man nicht die Länge der Flüssigkeit ändert, während unter denselben Umständen die Volta'schen und thermoelektrischen Ströme eine merkliche Schwächung erleiden. Hr. Lenz schliefst aus Versuchen, die er theils früher, theils von Neuem unter gleichen Umständen wie die meinigen, d. h. bei Einschaltung einer Platinplatte und verdünnter Säure, angestellt hat, dafs ein instantaner Strom durch die Einschaltung einer metallenen Scheidewand in den flüssigen Leiter eine bedeutende Intensitätsverringerung erleide. Er findet sogar, dafs der Widerstand, welchen der Strom beim Durchgang durch die Platte erleidet, fast zehn Mal gröfser ist als der, den ihm der Durchgang durch die gesammte Flüssigkeit darbietet.

Ich bin bereit, die Richtigkeit der von Hrn. Lenz erlangten Resultate anzuerkennen; allein ich folgere daraus nicht, dafs die meinen fehlerhaft sind. In der That sind unsere Versuche nicht vergleichbar, weil der eine

von uns einen einzigen instantanen Strom anwandte, der andere aber eine Reihe instantaner Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung. Zwar müssen die magneto-elektrischen Ströme vermöge der ganzen metallischen Natur der Kette, in denen sie entwickelt werden, viel empfindlicher als die hydro-elektrischen Ströme seyn für eine Vermehrung des Widerstandes in dem Rest der zu durchlaufenden Kette, wie sie aus der Dazwischensetzung einer Scheidewand erfolgt. Das findet auch Hr. Lenz. Wenn aber eine Reihe von Strömen von abwechselnd entgegengesetzter Richtung durchgeleitet wird, tritt eine Erscheinung ein, welche die Resultate auffallend abändern mufs. Die Metallplatte, die ich als Scheidewand gebrauche, ist von Platin. Sie empfängt nach einander auf jeder ihrer Seiten den Sauerstoff und Wasserstoff, welche aus dem durch die successiven Ströme zersetzten Wasser entspringt, und defsungeachtet zeigt sich keine Gasentwicklung, wie ich in meiner Abhandlung gesagt [1]). Diese Abwesenheit des Gases rührt von einer successiven Oxydation und Reduction, welche das Platin erleidet, her, wie ich in dem zweiten Theil der gegenwärtigen Abhandlung zeigen werde. Diese chemische Action macht nun den Widerstand, den eine metallene Scheidewand dem durchgehenden Strom entgegensetzt, verschwinden. In der That habe ich in den früheren Untersuchungen gezeigt [2]), dafs die chemische Wirkung, den eine

1) Nicht an allen Stellen. S. 166 der Abhandlung (Ann. Bd. XXXXV) wird sogar gesagt, dafs 30 bis 40 Abwechslungen des Stroms in der Secunde das Maximum der Gasentwicklung geben. — Ich habe bei gleicher und selbst geringerer Schnelligkeit der Umkehrung des Stroms keine Gasentwicklung bemerken können, sobald die Platten einige Mal zu dergleichen Messungen gedient hatten, was denn auch mit den späteren Versuchen des Verfassers übereinstimmt (a. a. O. S. 421); aber ich habe, trotz der Abwesenheit der Gasentwicklung, immer eine Schwächung des Stroms bei Einschaltung einer Scheidewand wahrgenommen (Annalen, Bd. LII S. 535). *P.*

2) *Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII p.* 213 und *T. XXXVII p.* 251.

Scheidewand erleidet, den Widerstand dieser Kette gegen die Durchleitung der Elektricität vermindert; und da in dem besagten Fall jeder Stromfaden selbst seinen Sauerstoff herbeiführt, und dieser durch den Wasserstoff des folgenden Stroms weggenommen wird, wird er durch die so von ihm bewirkte successive Oxydation und Desoxydation leichter geleitet. So wie sich auch ein wenig Gas zeigt, ist die chemische Action auf die Platinplatte nicht mehr vollständig, und der Widerstand dieser gegen den durchgehenden Strom wird merklich. Eine sehr grofse Zahl von Thatsachen bestätigt die Richtigkeit dieser Erklärung. Diese Thatsachen finden sich schon in der von mir veröffentlichten Abhandlung, und neue werde ich im zweiten Theil der jetzigen beibringen.

IV. Einflufs der Gröfse und Gestalt der metallenen Leiter, welche die Ströme in die Flüssigkeit führen müssen.

Ich hatte dem Studio des Einflusses der Form und Gröfse des zur Hinleitung des Strom in die Flüssigkeit dienenden metallenen Leiters einen Paragraph gewidmet. Das wichtigste Resultat, welches ich erhielt, besteht darin, dafs wenn die Gröfse des metallenen Leiters eine gewisse Gränze überschreitet, eine fernere Vergröfserung desselben keine Verstärkung der Intensität des Stromes nach sich zieht. Wenn man die besagte Gränze erreicht, findet an der Oberfläche des Leiters keine Gasentwicklung statt; folglich scheint alle chemische Action aufzuhören, obgleich die Elektricität leichter geleitet wird als zuvor, da die Oberfläche weniger Ausdehnung hatte und man Gasblasen erscheinen sah. Ich hatte die oben beschriebene Wirkung dem Umstand zugeschrieben, dafs, da die magneto-elektrischen Ströme bei einer gewissen Gröfse der Berührungsfläche zwischen dem starren und flüssigen Leiter gänzlich durchgelassen werden, bei fernerer Vergröfserung nichts gewonnen werde. Was das Aufhören der Gasentwicklung betrifft, so glaubte ich, dafs

man sie vielleicht erklären könne durch die Schwächung, welche die Stromfäden bei der Austreibung erleiden, und welche sie zur Ausübung chemischer Effecte unfähig macht; ich hatte gezeigt, dafs diese Effecte sich immer in den Punkten zeigen, wo die Ströme in ihrem Durchgang gehindert sind; so wie sie kein Hindernifs mehr erfahren, was geschieht, wenn man die besagte Gränze erreicht, können die Zersetzungserscheinungen nicht mehr stattfinden. Ich hatte hierauf einige Thatsachen in Bezug auf den Einflufs der Gestalt des Leiters angeführt, und defsungeachtet diesen ganzen Paragraphen durch folgende Betrachtung geschlossen:

»Es könnte seyn, wie wir weiterhin sehen werden, dafs eine schwache chemische Action, die in einigen Fällen an dem Theil der Platinfläche statt hat, welcher mit der die magneto-elektrischen Ströme durchlassenden Flüssigkeit in Berührung steht, nicht ohne Einflufs wäre auf die Entstehung der Erscheinungen, die Gegenstand dieses Paragraphen ausmachen.«

Hr. Lenz nimmt zwar an, dafs die Gröfse der Metallfläche, die einen Strom in eine Flüssigkeit leitet, die Elementarfäden schwäche und weniger zur Hervorbringung chemischer Zersetzungen fähig mache; allein er ist nicht überzeugt, dafs die Abwesenheit der chemischen Actionen recht erwiesen sey. Er vermuthet, dafs sie nur nicht sichtbar werde, indem die entwickelten Gasblasen so klein seyen, dafs sie in der Flüssigkeit gelöst bleiben oder unsichtbar werden. Er vermuthet auch, dafs bei den von mir angestellten Versuchen das Verschwinden der Gase von der Verbindung des Sauerstoffs und Wasserstoffs an der Platinfläche herrühre, wo sie so schnell, einer nach dem andern, anlangen. Ich mufs zugeben, ich bin zu glauben geneigt, dafs Hr. Lenz Recht habe; wie es schon der erwähnte Paragraph beweist, hatte ich Zweifel an der wirklichen Abwesenheit der chemischen Action in dem Fall, dafs keine Gasentwicklung stattfindet. Und selbst, nachdem ich gezeigt,

dafs bei sehr grofser Oberfläche des Leiters die chemische Action eines Volta'schen Stroms ebenfalls abnimmt, ohne indefs vollständig Null zu werden, hatte ich hinzugefügt: »Dieser Punkt verdient aufs Neue untersucht zu werden, und ich denke unverweilt darauf zurückzukommen, indem ich, vor Allem mit Rücksicht auf Volta'sche Ströme und deren etwaigen Einflufs auf das Phänomen, nicht blofs die Gröfse, sondern auch die Natur der in Berührung stehenden flüssigen und metallischen Leiter studiren werde, durch welche hin der Strom geleitet wird, und wo die chemische Zersetzung geschieht.«

Neue Beobachtungen, die ich seitdem angestellt habe und die in dem Rest dieser Abhandlung enthalten sind, zeigen in der That, dafs eine wahrhafte chemische Action stattfindet, selbst wenn an der Oberfläche der den Strom in die Flüssigkeit führenden Leiter keine Gasentwicklung merkbar ist. Mithin scheint mir, es müsse die Idee, welche ich vorhin aussprach, dafs diese Ströme nur dann eine chemische Action ausüben, wenn sie in ihrem Durchgang beeinträchtigt werden, einer neuen Prüfung unterworfen werden. Es ist möglich, dafs die chemische Action nur geschwächt wird, ohne jemals Null zu werden.

Anlangend das Daseyn einer für den Durchgang des Stromes günstigsten Gränze in der Gröfse der Berührungsfläche zwischen metallenen und flüssigen Leitern, so läugnet Hr. Lenz dasselbe. Er erwähnt Versuche, immer mit dem instantanen elektrischen Strom gemacht, aus denen hervorgeht, dafs er die Intensität des Stroms beständig habe wachsen gesehen, in dem Maafse er die die Flüssigkeit berührende Metallfläche vergröfserte. Indefs giebt er selbst zu, dafs die Verstärkung der Intensität, welche einer gewissen Vergröfserung der eingetauchten Oberfläche entspricht, nicht mehr so merkbar sey, wenn diese Fläche schon sehr grofs ist; allein er behauptet, dafs sie immer stattfinde. Ich bemerke in Bezug auf diesen Punkt, dafs Hr. Lenz die eingetauchte Fläche nicht genug ver-

größert hat, um diese Gränze zu erreichen, welche, so weit ich glaube, bei allen Arten von Strömen existirt. Allein ich muſs bemerken, daſs bei den Strömen von abwechselnd entgegengesetzter Richtung die Gränze weit eher erreicht werden muſs, wegen der zuvor erwähnten chemischen Action, die den Uebergang der Elektricität von der Flüssigkeit in das Metall und umgekehrt vom Metall in die Flüssigkeit erleichtert. Was auch die Ursache des Daseyns dieser Gränze seyn mag, so ist einleuchtend, daſs es eine giebt, wenigstens für die von mir gebrauchten Ströme, weil, wenn man sie überschreitet, selbst um vieles, man weder die chemischen, noch die thermischen Wirkungen dieser Ströme steigert, während, ehe man sie erreicht, eine Vergröſserung der eingetauchten Oberfläche die Stärke dieser Wirkungen merkbar erhöht.

Hr. Lenz macht mir hier einen Einwurf, den ich nicht verstanden habe. Er sagt, daſs, wenn man diese Gränze erreicht habe, der ganze Strom durchgehen müsse, und daſs ich demzufolge dieselbe Wärmewirkung hätte erhalten müssen, welche ich erhielt, als die Kette ganz metallisch war. Dieſs würde richtig seyn, wenn aller Widerstand, den die Ströme in ihrer Kette erleiden, nur beim Uebergang aus der Metallplatte in die Flüssigkeit stattfände; allein die Flüssigkeit selbst übt einen, der constant bleibt, und man erreicht die Gränze, wenn man die erste dieser Widerstandsursachen vernichtet; die zweite bleibt immer [1]). Dieſs drücke ich aus, indem ich sage, daſs der ganze magneto-elektrische Strom durchgelassen werde, d. h. der ganze Strom, welcher in einer theils metallischen, theils flüssigen Kette entwickelt werden kann.

1) Der Widerstand der Flüssigkeit wäre also hiernach unabhängig von den Dimensionen derselben, — eine constante Gröſse? — *P.*

V. Eigenthümliche Erscheinungen an der Oberfläche der Metalle, welche zur Einführung der Flüssigkeiten in die magneto-elektrische Kette dienen.

Hr. Lenz macht keine Bemerkung über die Erscheinungen, welche Gegenstand dieses Paragraphen sind, und den wichtigsten Theil meiner Abhandlung ausmachen. Er bemerkt nur, es sey wahrscheinlich, dafs sie, unter gleichen Bedingungen wie die magneto-elektrischen Ströme, auch durch hydro-elektrische Ströme hervorgebracht werden können; ich bin in dieser Beziehung ganz seiner Meinung und berufe mich, zur Stütze meiner Ansicht, selbst mehr auf die Erfahrung als er.

Die in Rede stehenden Erscheinungen beziehen sich auf die Bildung einer Schicht sehr fein zertheilten Metalls auf der Oberfläche der Metalle, welche die magneto-elektrischen Ströme in eine Flüssigkeit leiten. Diese Bildung scheint von einer Reihe von Oxydationen und Reductionen herzurühren, welche die Oberfläche dieser Metalle erleiden, selbst der scheinbar wenigst oxydirbaren, wie Gold und Platin. Ich verweile jetzt nicht bei dieser Reihe von Thatsachen, da ich in dem Rest dieser Abhandlung darauf zurückkomme.

VI. Von den Erscheinungen bei gleichzeitigem Durchgange der magneto-elektrischen Ströme durch flüssige und metallische Leiter.

Ich hatte in diesem Paragraph einige Thatsachen beschrieben, die eine Art von Interferenz zwischen den magneto-elektrischen Strömen nachzuweisen schienen. Ehe die Ströme zur Feder des Thermometers gelangten, verzweigten sie sich auf zwei neben einander liegende Leiter, von denen der eine aus einer sehr dünnen, zwischen zwei sehr grofsen Platinflächen befindlichen Schicht verdünnter Schwefelsäure, und der andere aus einem Metalldraht von verschiedener Länge bestand. Nun hatte

ich beobachtet, dafs die Hinzufügung dieses zweiten Leiters nicht nur die thermische Wirkung dieser Ströme auf die Feder nicht erhöhte, sondern sogar schwächte, wenn man ihm eine gewisse Länge gab. Ich habe die Längen angegeben, welche mit Drähten von verschiedener Natur und gleichem Durchmesser die Maxima und Minima der Wirkungen lieferten.

Hr. Lenz hat eine sehr grofse Anzahl von Versuchen über diesen Gegenstand gemacht, aber immer mit einem einzigen instantanen Strom, den er zwei parallele Leiter durchlaufen liefs, bald zwei starre, bald einen starren und einen flüssigen. Beständig beobachtete er, dafs sich der Strom, gemäfs dem Ohm'schen Gesetz, zwischen den beiden Leitern nach Maafsgabe ihrer Leitungsfähigkeit vertheilte, und dafs die Leitungsfähigkeit der doppelten Kette die Summe war von den partiellen Leitungsfähigkeiten der beiden Theile, aus denen sie bestand. Der starre Leiter war bei seinen Versuchen ein Metalldraht von verschiedener Natur und Länge; der flüssige Leiter dagegen schwefelsaures Kupferoxyd, das mittelst zwei Kupferplatten in die Kette gebracht worden.

Es ist nicht zu verwundern, dafs Hr. Lenz, da er seine Versuche unter ganz andern Umständen anstellte als ich die meinigen, nicht zu denselben Resultaten gelangt ist. Ich bemerke zunächst, dafs, bei meinen Versuchen, die dünne, zwischen zwei Platinflächen befindliche Schicht verdünnter Schwefelsäure ein eben so guter und selbst besserer Leiter war als der andere, ganz metallische, aus einem Platin- oder Silberdraht gebildete. Das war, so weit ich glaube, bei den Versuchen des Hrn. Lenz nicht der Fall, vielmehr war dort der starre Leiter ein besserer als der flüssige. Ueberdiefs gebrauchte ich Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung, und Hr. Lenz nur Einen instantanen. Nun ist es möglich, dafs die von mir beobachtete Erscheinung von die-

sem Umstand herrühre [1]). Diefs ist ein Punkt, der aufgeklärt zu werden verdient, und überhaupt ist dieser ganze Gegenstand zu studiren. Ich habe mich bei Veröffentlichung meiner ersten Resultate zu diesem Studium verpflichtet, und werde diese Verpflichtung halten. Gern gebe ich sogar zu, dafs ich mich vielleicht ein wenig übereilt habe, von Interferenzen zu sprechen, ehe ich eine gröfsere Zahl von Beobachtungen gesammelt hatte, obgleich ich darauf bestehen mufs, dafs meine Versuche, unter den Umständen, unter denen ich sie anstellte, richtig sind, und sich nur durch eine Art von Interferenz scheinen erklären zu lassen.

Ich schliefse diesen ersten Theil meiner Abhandlung; man wird vielleicht finden, dafs ich etwas zu ausführlich gewesen bin; allein die Arbeit des Hrn. Lenz ist eine sehr lange und voll Details, und es war mir unmöglich sie ohne Antwort zu lassen, weil sie ausschliefslich die Kritik meiner früheren Untersuchungen zum Gegenstande hatte. Es ist zu bedauern, dafs nicht Hr. Lenz, ehe er diese Kritik unternahm, die Betrachtung anstellte, mit welcher er sie schliefst; die Controverse zwischen ihm und mir würde dann viel kürzer gewesen seyn.

Nachdem er nämlich, wie zuvor angeführt, die von mir im §. VI ausgesprochenen Schlüsse bestritten, sagt er: »Ob eine rasche Hintereinanderfolge abwechselnd entgegengesetzter magneto-elektrischer Ströme die Erscheinungen des Einflusses der Leiter ändere, bleibt anderen Untersuchungen überlassen; auf jeden Fall liegt dann die Ursache davon nicht in der Natur der Ströme, sondern in der Art der Hintereinanderfolge, und es würden die Erscheinungen dieselben werden, wenn ein hydro galvanischer Strom durch einen Commutator so abwechselnd

1) Ich habe indefs auch bei den hin- und hergehenden Strömen nichts von einer solchen Interferenz wahrnehmen können. (Siehe Annalen, Bd. LII S. 507 Anmerk.) *P.*

entgegengesetzt durch den Leiter geführt würde.« — Niemals habe ich etwas anderes gesagt; mithin hätte man, um meine Resultate zu bekämpfen, sich auf denselben Boden stellen sollen, wo ich stand, sich derselben Ströme bedienen sollen, welche ich anwandte.

(Der zweite Theil der Abhandlung in den beiden nächsten Heften.)

VII. *Ueber den Quellsäuregehalt verschiedener Substanzen; von W. F. Fürsten zu Salm-Horstmar.*

(Briefliche Mittheilung.)

Coesfeld, bei Münster, 12. Sept. 1841.

— Im destillirten Wasser fand ich, durch Abdampfen von 2 Pfund 2 Loth desselben, einen Quellsäuregehalt, nachdem ich das bis zur gelblichen Färbung concentrirte Wasser durch Thonerdehydrat von einem der Quellsatzsäure ähnlichen Körper gereinigt hatte. Die Quellsäure war an Kalkerde gebunden. Es ist dieser Gehalt an stickstoffhaltigen Säuren vielleicht zu der Erklärung der interessanten Resultate von Boussingault, über die Vermehrung des Stickstoffs durch die Vegetation von Klee in geglühtem Sand und destillirtem Wasser, zu gebrauchen.

Auch im Regenwasser fand ich Quellsäure und Quellsatzsäure. Die Quantität dieser Säuren betrug circa 0,019 Grm. in 9 Pfund 9 Loth Preufs. Gewicht Wasser; denn die festen Bestandtheile dieses Wassers wogen

vor dem Glühen 0,045 Grm.
nach dem Glühen 0,026 -

Das Regenwasser enthielt demnach 0,00043 Proc. stickstoffhaltige Säuren. Wegen des Stickstoffgehalts dieser Säuren hielt ich es für interessant deren Menge im Regenwasser zu bestimmen, um beurtheilen zu können, ob diese Stickstoffquelle allenfalls ausreichen könnte zur Er-

klärung desjenigen Stickstoffs, den die Pflanzen auf eine bisher unerklärte Weise aus den Atmosphärilien ziehen. Von der Gegenwart des Ammoniaks überzeugte ich mich zwar auch; allein die Menge desselben war so gering, dafs ich sie nicht bestimmen konnte. Es ist demnach das Regenwasser wohl eine sehr unbedeutende Stickstoffquelle für die Vegetation.

Da der Alkaligehalt der Vegetation auch in vielen Fällen in Betreff seines Ursprungs etwas Räthselhaftes hat, so versuchte ich auch den Alkaligehalt des Regenwassers zu bestimmen, und erhielt aus 4 Pfund 28 Loth Wasser:

0,00048 Grm. Kali } an Schwefelsäure, Salzsäure
0,00069 - Natron } und Quellsäure gebunden.

Im gebrannten Kaffee fand ich Quellsäure. Wird er nämlich mit Wasser ausgezogen, die braune Lösung mit nicht getrocknetem Thonerdehydrat von dem braunen Gummi etc. befreit, so erhält man eine blafsgelbliche Flüssigkeit, welche Quellsäure enthält. Wasserauszüge von gebranntem Korn enthalten ebenfalls Quellsäure.

VIII. *Ueber die Lithofellinsäure, nebst Bemerkungen über die Schmelzpunkte einiger Körper im krystallisirten und im amorphen Zustande; von F. Wöhler.*

(Aus den Gött. Gelehrt. Anzeig. No. 178, 1841.)

I. *Lithofellinsäure.* Die eigenthümliche Substanz, welche kürzlich Hr. Göbel in Dorpat als Bestandtheil einer thierischen Concretion gefunden und unter jenem ganz passenden Namen beschrieben hat, habe ich gleichzeitig aufzufinden und zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Da dieser Körper bis jetzt noch so selten ist, und

durch die Beziehung, in der er vielleicht zur Natur der Galle steht, von physiologischem Interesse werden kann, so mag es nicht überflüssig seyn, wenn ich auch meine Beobachtungen darüber mittheile.

Die von mir untersuchte Concretion, die ich in einer Sammlung von pathologischen Producten fand, war leider ohne alle Bezeichnung ihres Ursprungs. Indessen kann man aus ihrer Farbe und dem ihr beigemengten, dem Gallen-Farbstoff ähnlichen Körper mit gröfster Wahrscheinlichkeit schliefsen, dafs sie ein Gallenstein ist, und zwar jedenfalls von einem gröfseren, wahrscheinlich ausländischen Thiere. Vielleicht ist sie als ein so genannter Bezoar betrachtet und aufbewahrt worden. Für einen menschlichen Gallenstein ist sie viel zu grofs. Sie wog 40 Grammen (=643 Gran), hatte eine eiförmige Gestalt, eine hell bräunlich grüne Farbe und Wachsglanz. Sie bestand aus einer grofsen Anzahl dünner, leicht von einander ablösbarer Schichten von abwechselnd dunklerer und hellerer Farbe, ohne alles krystallinische Gefüge. Sie enthielt eine Art von länglichem Kern, eine dichte braune Substanz, die in der Hauptsache sich wie die übrige Masse des Steins verhielt, indessen nur halb schmolz und nach dem Verbrennen eine gelbliche Asche hinterliefs, die alkalisch reagirte und phosphorsauren und kohlensauren Kalk mit Spuren von Eisenoxyd enthielt. Die eigentliche Masse des Steins schmolz sehr leicht, wie Wachs, stiefs dabei weifse, schwach aromatisch, nicht brenzlich riechende Dämpfe aus, und verbrannte mit leuchtender Flamme fast ohne Rückstand. In heifsem Alkohol war sie, bis auf einen kleinen braunen Rückstand, vollständig löslich. Die Lösung hatte eine grünliche Farbe, und setzte das Aufgelöste beim Erkalten, jedoch nur sehr langsam, in kleinen, glänzenden, allmälig zu Rinden sich vereinigenden Krystallen ab. Durch wiederholte Auflösung in Alkohol und Behandeln mit Thierkohle wurde die Lithofellinsäure vollkom-

kommen farblos erhalten. Sie bildete, mit Ausnahme der geringen Menge färbender Materie, die ganze Masse des Steins.

Die Krystalle der Lithofellinsäure sind stets sehr klein. Unter dem Mikroskop erscheinen sie als klare, niedrige, sechsseitige Prismen mit gerade angesetzten Endflächen. Sie sind hart, leicht pulverisirbar, in Wasser unlöslich, in bedeutender Menge löslich in heifsem Alkohol, jedoch nur sehr langsam und eben so langsam wieder heraus krystallisirend. Die Lösung reagirt sauer. In Aether ist sie nur wenig löslich. Sie schmilzt bei 205° C., und erstarrt, wenn man sie nicht darüber erhitzt hat, wieder krystallinisch, undurchsichtig. Wurde sie aber nur wenige Grade darüber erhitzt, so erstarrt sie zu einer klaren, glasigen, durchaus unkrystallinischen Masse, die durch Reiben stark elektrisch wird. Giefst man Alkohol darauf, so verbreiten sich plötzlich darin mit einer gewissen Regelmäfsigkeit eine grofse Anzahl feiner Sprünge, und läfst man eine, selbst ganz dünne Schicht Alkohol darauf liegen, so fängt die Masse bald an sich in ein Aggregat von regelmäfsigen Krystallen zu verwandeln. Der merkwürdigste Umstand aber, den diese glasige, amorphe Lithofellinsäure zeigt, ist, dafs nun ihr Schmelzpunkt um 100° niedriger ist, als der der krystallisirten; sie schmilzt zwischen 105° und 110° zu einer zähen, fadenziehenden Masse (siehe weiter unten). In Alkohol aufgelöst, kann sie wieder krystallisirt erhalten werden. Erhält man sie längere Zeit bei einer gewissen, noch näher zu betimmenden Temperatur über ihrem Schmelzpunkte flüssig, so erstarrt sie bisweilen bei dieser Temperatur wieder krystallinisch. — An der Luft bis zum Schmelzen erhitzt, verflüchtigt sie sich in weifsen Dämpfen von schwachem aromatischem Geruch. Sie verbrennt mit leuchtender, rufsender Flamme.

In kaustischem und kohlensaurem Ammoniak ist die Lithofellinsäure leicht löslich. Beim Verdunsten bleibt

sie ammoniakfrei zurück. Die Lösung fällt nicht die Kalk- und Barytsalze. In kaustischem Kali ist sie leicht und in grofser Menge löslich. Gesättigt ist die Lösung nur schwach alkalisch, und hinterlätst beim Verdunsten eine klare, gummiähnliche Masse, die in Wasser leicht löslich, in Kali unlöslich ist. Die Lösung wird durch Salmiak milchig. Säuren bilden darin einen weifsen, dikken, wie geronnenen Niederschlag, der aber bald zusammensinkt, pulvrig wird, und nach dem Trocknen weifs und erdig aussieht. Unter dem Mikroskop sieht man, dafs er durchaus nicht krystallinisch ist, sondern aus sehr kleinen durchsichtigen Kügelchen besteht. Er ist offenbar die amorphe Varietät der Lithofellinsäure; auch schmilzt er schon bei 105°. In der Concretion ist sie in derselben Form enthalten.

Die Lösung des gesättigten Kalisalzes giebt mit neutralen Silber- und Bleisalzen weifse Niederschläge, die beim Erhitzen der Flüssigkeit weich, pflasterartig werden. Das Bleisalz schien ein anderthalb-basisches zu seyn. Es gab 32 Proc. Bleioxyd; nach der Rechnung müfste es 32,8 geben. Ein Bleisalz dagegen, welches mit der gesättigten Auflösung der Säure in Ammoniak erhalten war, schien hauptsächlich aus dem zweifach-basischen zu bestehen. Es gab 41,45 Proc. Bleioxyd; nach der Rechnung müfste es 39,5 geben.

Das Silbersalz löste sich beim Auswaschen fortwährend auf. Die Lösung setzte beim Abdampfen eine faltige Haut, wie Rahm auf Milch, ab, und trocknete, ohne zu krystallisiren, ein. Das krystallisirte Salz, dessen Ettling und Will erwähnen, habe ich auf diese Weise nicht erhalten. Es ist denkbar, dafs sich die beiden Zustände der Säure in den Salzen erhalten, und dadurch Salze von zweierlei Eigenschaften hervorgehen. Was sich vom amorphen Silbersalz nicht aufgelöst hatte, nur 0,080 Grm. an Gewicht, gab 0,019 Silber, also 25,0 Proc. Silberoxyd. Will und Ettling erhielten 25,63 und

25,33, Zahlen, die jedenfalls richtiger sind, da sie durch die Analysen gröfserer Mengen erhalten wurden.

Die Lithofellinsäure ist in concentrirter Schwefelsäure löslich; durch Wasser wird die Lösung milchig getrübt. Sie ist ferner in grofser Menge in concentrirter Essigsäure löslich; beim freiwilligen Verdunsten bleibt sie krystallisirt zurück.

Ich habe von der Lithofellinsäure zwei Analysen gemacht.

0,3905 Grm. krystallisirte, bei 150° getrocknete Säure gaben 1,006 Kohlensäure und 0,374 Wasser.

0,3515 Grm. Säure gaben 0,909 Kohlensäure.

Diefs giebt für ihre Zusammensetzung [1]):

		Berechnet.	Gefunden.	
40 Atome	Kohlenstoff	70,83	70,83	71,09
72 -	Wasserstoff	10,48	10,60	
8 -	Sauerstoff	18,69	18,57	
Atomgewicht	=4183,4	100,00	100,00.	

Das heifst die krystallisirte Säure ist $=C^{40}H^{70}O^{7} + \dot{H}$, und das Atomgewicht der wasserfreien $=4171$. Nach der einen Analyse, welche Ettling und Will von dem Silbersalz gemacht haben, ist das Atomgewicht $=4212$, nach der zweiten 4276. Für die krystallisirte Säure berechnen sie aus ihren Analysen die Formel $C^{42}H^{74}O^{7} + \dot{H}$, was für die wasserfreie Säure 4347,6 Atomgewicht voraussetzt. Ich halte indessen die von mir angenommene Formel für wahrscheinlicher, weil sie in der Anzahl der Kohlenstoff-Atome mit der der krystallisirten Harze übereinkommt, und die Lithofellinsäure in der That, nach allen ihren Eigenschaften, nichts anderes als ein Harz ist.

2) Man kennt jetzt eine ziemlich grofse Anzahl Körper der verschiedensten Natur, die unter gewissen Um-

1) Kohlenstoff-Atom =75,854.

ständen krystallisirt, unter andern amorph sind. Bei dem Uebergange aus dem einen in den andern Zustand ändern sie, wie es scheint, alle ihre physikalischen Eigenschaften, ihre Farbe, ihre Dichtigkeit, ihr Brechungsvermögen, ihre specifische Wärme, ihre Löslichkeit, ohne wesentliche Aenderung ihres chemischen Verhaltens. Man kann sogar vermuthen, dafs sich die zweierlei Zustände selbst in chemischen Verbindungen erhalten, worauf zum Beispiel die von Berzelius beobachteten krystallisirten und amorphen brenztraubensauren Salze zu deuten scheinen. Das oben erwähnte Verhalten der Lithofellinsäure, im amorphen und krystallisirten Zustande zweierlei Schmelzpunkte zu haben, veranlafste mich, in dieser Beziehung noch andere Körper zu untersuchen. Ich glaube daraus als allgemeinen Satz folgern zu können, dafs jeder dimorphe Körper auch zweierlei Schmelzpunkte hat. Ich habe diefs wenigstens bei den folgenden Körpern bestätigt gefunden: Zucker, Amygdalin, Pinus-Betaharz (Sylvinsäure) und Lithofellinsäure, alle wohl krystallisirende Körper, erstarren nach dem Schmelzen zu durchsichtigen, glasigen Massen, ohne dadurch ihre Krystallisationsfähigkeit verloren zu haben. In diesem amorphen Zustande haben diese Körper ungleich niedrigere Schmelzpunkte als im krystallisirten.

	Krystallisirt, schmilzt bei	Amorph, schmilzt zwischen
Zucker	160 C.	90° — 100°
Amygdalin	200	125° — 130
Sylvinsäure	140	90 — 100
Lithofellinsäure	205	105 — 110

Es ist schwer, mit Schärfe den Schmelzpunkt der amorphen Körper zu bestimmen, da dem wirklich liquiden Zustande stets eine Erweichung vorangeht, die ihnen gerade eigenthümlich ist. Bei den obigen Temperaturgraden waren die Substanzen so erweicht, dafs sie sich

in Fäden ausziehen liefsen. Eine ähnliche Verschiedenheit im Schmelzpunkte wird ohne Zweifel bei dem Glase im gewöhnlichen und im krystallinischen Zustande (dem sogenannten Réaumur'schen Porcellan) stattfinden, und offenbar gehört auch der durch plötzliche Abkühlung erhaltene braune, durchsichtige, weiche Schwefel hierher. Schon bei einer Temperatur zwischen 90° und 100° nimmt sein Zustand von Erweichung so zu, dafs mehrere zusammenliegende Kugeln von selbst in eine Masse zusammengehen. Der krystallisirte Schwefel schmilzt bekanntlich, ohne vorher zu erweichen, bei 111°. Es ist zu vermuthen, dafs auch die beiden dimorphen Arten des krystallisirten Schwefels ungleiche Schmelzpunkte haben. Der Schmelzpunkt der durchsichtigen, glasigen, arsenigen Säure ist wahrscheinlich niedriger, als der Verflüchtigungspunkt der krystallisirten, und die Schmelzbarkeit der ersteren beruht wahrscheinlich darauf, dafs sie bei einer gewissen Temperatur vorher amorph wird.

IX. *Ueber den Hartit, eine neue Species aus der Ordnung der Erdharze; von W. Haidinger.*

Bei einer von mir kürzlich in Gesellschaft des Herrn Grafen von Breunner unternommenen Excursion traf ich in der neu eröffneten, Hrn. Miesbach gehörenden, Braunkohlengrube zu Oberhart, bei Gloggintz in Niederöstreich, sehr ausgezeichnete Stücke eines scheereritartigen Minerals. Wir nahmen mehrere derselben zur näheren Untersuchung mit uns. Einzelne Stücke waren schon früher nach Wien gebracht worden; ein sehr schönes Exemplar übersandte Hr. Rudolph, Ritter v. Steiger am Stein, für die Mineraliensammlung der K. K. Montanistischen Hofkammer.

Das Mineral findet sich unter ähnlichen Umständen wie der Scheererit von Utznach. Es zeigt sich jedoch nicht in freistehenden bestimmten Krystallen, gleich jenem, sondern in mehr oder weniger dicken wallrathähnlichen Massen, die Längen- und Quersprünge theils in bituminösem Holz, theils in Holzstein — Quarz in Holzgestalt — ausfüllen. Es verdient bemerkt zu werden, dafs das Vorkommen des Hartits auf einen Theil der Braunkohlen-Lagerstätte beschränkt ist. Diese ist ein ehemaliges Torflager, also während der Periode der Bildung ziemlich horizontal, gegenwärtig jedoch mit einem nördlichen Einfallen unter etwa 70° geneigt. Die festere Braunkohle, zum Theil mit eingeschlossenen Holzstämmen, einige derselben besonders an der Oberfläche verkohlt, bildet die untere fünf bis sechs Lachter mächtige Abtheilung, oder das eigentliche Flötz. Im Hangenden findet sich eine Schicht von Baumstämmen, nun zu bituminösem Holz geworden, die einzeln in Letten eingewickelt sind, so dafs man sich vorstellen kann, eine Masse von Holzstämmen sey dort in einem dicken, von Thon und Wasser gemengten Schlamm abgesetzt worden. Diese Stämme sind es nun, welche in den, während ihrer Umwandlung zu bituminösem Holz oder zu Holzstein entstandenen Klüften den Hartit enthalten.

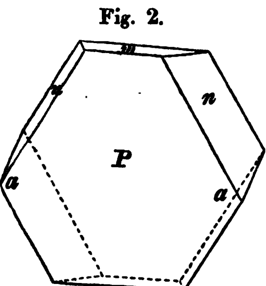
Es war mir nicht möglich die regelmäfsigen Formen des Hartits vollständig zu entwickeln, Zwar kommen bis zu einem halben Zoll grofse tafelförmige Individuen, mit einer sehr deutlichen und parallel der breiten Fläche mit Leichtigkeit zu erhaltenden Theilungsrichtung vor, doch sind sie stets in schaliger Zusammensetzung mit andern verbunden oder unregelmäfsig begränzt. Spuren von Theilungsflächen scheinen nur in Sprüngen auf eine Theilungsgestalt, wie die am Gyps, hinzudeuten, also auf das hemiprismatische Krystallsystem von Mohs. Die Blättchen nehmen zwar eine rhomboidische Gestalt mit Win-

Fig. 1.

keln von etwa 100° und 80° an, wie Fig. 1, doch sind sie von muschligen Bruchflächen begränzt.

Bei dem Scheererit giebt zwar Breithaupt auch hemi- oder tetratoprismatische, Gestalten an, indessen nicht mit voller Bestimmtheit. An einem Stücke, welches ich selbst Herrn von Scheerer's Güte verdanke, habe ich kleine sechsseitige Krystallblättchen bemerkt, welche bei starker

Fig. 2.



Vergröfserung die Gestalt Fig. 2 wahrnehmen liefsen. Doch hinderte auch hier die Kleinheit und Zartheit der Krystalle eine nähere Bestimmung. Der Winkel *a* der Fläche *P* weicht jedoch offenbar nicht viel von 120° ab. So weit man beobachten kann, sind also die Formen des Scheererits und des Hartits hinlänglich in ihrem Ansehen verschieden, obwohl beide hemiprismatisch, dafs man sie für Typen zweier verschiedenen Species annehmen kann.

Die Härte des Hartits ist = 1, der des Talkes. Er ist milde, wie der Scheererit, aber eben so wenig biegsam als dieser. Der Bruch ist muschlig.

Das eigenthümliche Gewicht fand ich = 1,046. Breithaupt giebt für den Scheererit 1,05 bis 1,2. Da aber keine Beobachtung angeführt ist, so dürften diese Gröfsen nur als wahrscheinliche Gränzen angeführt seyn.

Die Farbe ist weifs, der Glanz schwach fettartig. Die Grade der Durchsichtigkeit ungefähr wie bei weifsem Wachse, welchem das Ganze überhaupt in hohem Grade ähnlich ist.

Sehr auffallend sind die Verhältnisse der Schmelzbarkeit, und der Unterschied, welcher in dieser Bezie-

hung zwischen Scheererit und Hartit besteht. Der Scheererit schmilzt bei 46° C. zu einer öligen Flüssigkeit, welche beim Erkalten nicht wieder fest wird; der Hartit schmilzt erst bei 74° C., gleichfalls zu einer klaren Flüssigkeit, gesteht aber sogleich bei der Abkühlung wieder zu einer festen Masse. Stearinsäure von Kerzen, welche bei 55° C. schmolz, verhielt sich in Bezug auf das Festwerden wie der Hartit, nur war das Product weniger fest in sich zusammenhängend.

Ein Versuch, kleine Proben der drei Substanzen neben einander auf einem Platinblech rasch zu schmelzen, läfst die vergleichenden Resultate des Erkaltens besonders deutlich erkennen. Von den drei Tropfen bleibt der Scheererit wasserklar, der Hartit löst sich leicht im Ganzen vom Platinblech ab, wobei der Rand des Tropfens auf demselben zurückbleibt; die Stearinsäure bietet ein mehr krystallinisches Aggregat dar, welches beim Biegen des Platinblechs nicht abspringt, sondern sich in kleine Stücken trennt.

Beim Verbrennen entwickelt der Hartit viel mehr Rufs als der Scheererit. Läfst man die Verbrennung in einem Platintiegel vor sich gehen, so brennen Scheererit und Stearinsäure ruhig ab, der Hartit spritzt umher. Läfst man Scheererit und Hartit in einem Platintiegel an der Flamme der Spirituslampe verdampfen, so nimmt man einen verschiedenen Geruch wahr, der sich übrigens auch schon beim Zerreiben äufsert, und der bei dem Hartit an Bernstein, bei dem Scheererit an Pech erinnert.

Viele Analogie mit dem Hartit besitzt der von Fikentscher in Torf entdeckte und von Bromeis beschriebene Fichtelit [1]).

Mit dem Hartit kommt in den Rissen des bituminösen Holzes von Oberhart in kleinen Mengen noch ein anderes Erdharz vor, welches eine genaue Untersuchung verdient. Es ist amorph und zeigt einen kleinmuschli-

1) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 38, Heft 3, 1841.

gen Bruch. Seine Farbe ist ein dunkles Hyacinthroth, der Geruch ähnlich dem des Hartits, doch mehr aromatisch, der Schmelzgrad etwas höher, 76° C., doch mit dem Unterschiede, dafs selbst bis 100° kein vollständiger Flufs eintritt, sondern die Masse stets zäheflüssig — viscid — und fadenziehend erscheint. Sie gewinnt bei abnehmender Temperatur ihr früheres Ansehen wieder. Beim Verbrennen bleibt etwas Kohle auf dem Platinblech zurück.

Ich habe den Namen *Hartit* von dem Fundorte entlehnt. Dieser Species eine Stellung im Systeme anzuweisen und eine entsprechende systematische Benennung beizulegen, werde ich jetzt nicht versuchen, da wir noch so manche Mineralien, die mit dem in Rede stehenden sehr nahe verwandt sind, noch in vieler Beziehung zu wenig kennen. Wird man doch erst nach und nach auf die interessanten Begleiter der Kohlen aufmerksam, in dem Maafse als die Kenntnifs dieser selbst sich erweitert.

Wir dürfen ehestens einer genauen chemischen Untersuchung dieses Minerals durch Hrn. Prof. Schrötter entgegensehen.

X. *Ueber die in der Natur vorkommenden Arseneisen; von August Breithaupt.*

Nach den chemischen Analysen, welche die HH. Karsten, Hofmann und Meyer mit dem *Glanzarsenkies* oder *axotomen Arsenkies* von Reichenstein in Schlesien unternommen, wird derselbe als ein $Fe^2 As^3$ betrachtet. Neuerlich wurde von Hrn. Scheerer ein ähnlicher Körper, welcher sich zu Modum in Norwegen findet, analysirt und als ein $Fe As^2$ befunden. Noch früher, als mir dieses Resultat bekannt wurde, hatte ich die Erfahrung

gemacht, dafs *der meiste sogenannte Arsenikkies vom Sauberge bei Ehrenfriedersdorf in Sachsen Arseneisen* sey. Schon längst hatte man von demselben gerühmt, dafs er zur Darstellung der Arsenikalien, des käuflichen weifsen und grauen Arseniks, vorzüglicher als alle anderen Sorten sey. Diesem Vorgeben wollte ich auf den Grund kommen, und fand dasselbe richtig. Es gelang mir auch Krystalle aufzufinden, die das so stark geschobene Prisma zeigten, nur nicht mefsbar. Während ich das specifische Gewicht des Glanzarsenkieses von Reichenstein in den reinsten Fragmenten =7,000 beobachtet hatte, zeigten drei Abänderungen des Arseneisens von Ehrenfriedersdorf:

7,219 von der Grube Rechte Mutter,
7,260 }
7,290 } von der Grube Hülfe Gottes.

Das Löthrohrverhalten ist das nämliche als das, welches Hr. Scheerer von seinem Arseneisen angiebt. Von diesem erhielt ich nun auch Bröckchen, und sie gaben mir das Gewicht 7,223. Die Identität dieser beiden scheint mir hiernach aufser allem Zweifel.

In den Freiberger Sammlungen war und ist das Arseneisen von Ehrenfriedersdorf häufig zu sehen, und es ist wohl merkwürdig, dafs es so lange verkannt bleiben konnte, zumal da es in armstarken Gangmassen vorkommt. Ich zweifle keinen Augenblick, dafs vom Hrn. B. K. R. Lampadius, als er den Arsenikkies analysirt hatte, ein Stück jenes Kieses verwendet worden war; denn bekanntlich fand er keinen Schwefel darin.

Ausdrücklich mufs ich noch bemerken, dafs zu Ehrenfriedersdorf mit dem Arseneisen ein Arsenikkies vorkommt, derjenige, welcher von allen eigentlichen Arsenikkiesen das stärkst geschobene Prisma =112° 4′ und das höchste specifische Gewicht 6,155 bis 6,290 zeigt, und nach Hrn. Plattner das wenigste Eisen, nur 34,26 Procent,

enthält [1]). Es ist derselbe, welchen ich als pharmakonen Markasit oder Giftkies charakterisirt habe; allein er erscheint seltener und in kleineren Parthien. Auch zu Reichenstein in Schlesien kommt mit dem Glanzarsenik noch ein anderer eigentlicher Arsenikkies vor.

XI. *Ueber einige neue schwedische Mineralien; von L. F. Svanberg.*

(*Forhandling. ved de skandinav. Naturforsk. andet Möde, p.* 344.)

---

1. Piotin.

Diefs Mineral, welches seinen Namen von πιοτης, Fett, erhalten hat, kommt in verschiedenen theils noch bearbeiteten, theils jetzt verlassenen Gruben im Kirchspiel Svärdsjö, in Dalarne, vor. Es findet sich dort als Salbänder von nicht mehr als einem Zoll in Mächtigkeit, und da es gewöhnlich in feuchtem Zustande aus den Gruben genommen wird, ist es von nicht härterer Consistenz als Butter, wird jedoch an der Luft allmälig härter. Es hat, in Betreff sowohl der Härte als des Zerfallens an der Luft, sehr viele Aehnlichkeit mit dem *Seifenstein* der deutschen Mineralogen, weicht aber von dessen Zusammensetzung, nach Klaproth's Analyse, bedeutend ab. Da es sich überdiefs bei der Analyse in festen Verhältnissen zusammengesetzt erwies, es also nicht für ein mechanisches Gemenge gehalten werden kann, so habe

1) Aus Mangel an Zeit hat Hr. Plattner nicht vollständige Analysen der von mir unterschiedenen Arsenikkies-Specien vornehmen können, jedoch die Quantität des Eisens bestimmt. So fand er in dem von mir als oligonen Markasit oder Dalarnit aufgeführten Arsenikkies von Vestra Silfverberg in Dalekarlien 46,73 Eisen. Dieser hat aber auch das mindest geschobene Prisma $= 111^\circ\ 1'$ und das niedrigste Gewicht 5,666 bis 5,692.

ich kein Bedenken getragen, es als ein selbstständiges neues Fossil anzusehen. Bei Analyse dieses Minerals von Brucksveden in Svärdsjö habe ich folgende procentische Zusammensetzung für dasselbe gefunden:

Kieselsäure	50,891	Sauerstoff:	26,447	
Talkerde	26,520	-	10,261	10,479
Kalkerde	0,777	-	0,218	
Thonerde	9,401	-	4,391	5,022
Eisenoxyd	2,058	-	0,631	
Wasser	11,065	-	9,830	
	100,712.			

Hienach bekommt es die mineralogische Formel:

$$2MS^2 + AS + 2Aq$$

und ist also dem von Klaproth analysirten Mineral aus Cornwall sehr verwandt, da dieses der Formel:

$$MS^2 + AS + 2Aq$$

entspricht.

2. Rosellan.

Im Kalkbruch zu Åker, in Södermanland, wo die grofsen Spinelle vorkommen, bemerkte ich schon vor einigen Jahren in dem Kalke gewisse kleine rothe Körner, deren Härte nicht nur unter der des Spinells, sondern zwischen der des Kalkspaths und Gypses oder etwa des Glimmers lag. Es glückte, aus einer grofsen Menge solcher Körner den beigemengten Kalk durch sehr schwache Salzsäure auszuziehen (wobei sowohl diese Körner als noch andere Mineralien ungelöst blieben) und mir somit einige Grammen des Minerals zu verschaffen, die, analysirt, folgendes Resultat lieferten;

Kieselerde	44,901	Sauerstoff:	23,333	
Thonerde	34,506	-	16,116	16,327
Eisenoxyd	0,688	-	0,211	
Kali	6,628	-	1,124	
Natron	Spur			
Kalkerde	3,592	-	0,859	4,848
Talkerde	2,448	-	0,947	
Manganoxydul	0,191	-	0,042	
Wasser	6,533	-	5,804	
	99,476.			

entsprechend der Formel:

$$[KS^3+5AS+3Aq]+2\left\{\begin{matrix}Ca\\ Ma\\ Ka\end{matrix}S^2+5AS+Aq\right\}$$

Das specifische Gewicht des Minerals ist =2,751. Fein gerieben, wird es von starker Salzsäure zersetzt. Es ist noch nicht krystallisirt angetroffen, sondern blofs als derbe Körner, in Kalk sitzend, die niemals Erbsengröfse erreichen, sondern öfters nicht gröfser als ein Stecknadelknopf sind. Das Mineral läfst sich in einer Richtung spalten, aber die Spaltung kann nur an den gröseren Körnern vorgenommen worden. Die Spaltungsfläche ist spiegelnd. Der Name Rosellan wurde dem Mineral wegen seiner schönen Farbe gegeben.

3. Polyargit.

Da dieses Mineral bei erster Betrachtung eine gewisse Aehnlichkeit hat mit den derben Varietäten des bei Tunaberg vorkommenden Amphodeliths, aber durch seine Härte, die dem des Flufsspaths gleicht, bedeutend davon abweicht, so unternahm ich eine Analyse desselben. Sie gab für dasselbe folgende procentische Zusammensetzung:

Kieselsäure	44,128	Sauerstoff:	22,931	
Thonerde	35,115	-	16,401	16,696
Eisenoxyd	0,961	-	0,295	
Kali	6,734	-	1,142	
Kalkerde	5,547	-	1,558	3,253
Talkerde	1,428	-	0,553	
Manganoxydul	Spur			
Wasser	5,292	-	4,701	
	99,205			

entsprechend der mineralogischen Formel:

$$3(rS^2+5AS)+4Aq,$$

oder wenn man die Verwandtschaft mit dem Rosellan andeuten will:

$$[KS^2+5AS+2Aq]+2[rS^2+5AS+Aq],$$

wodurch diese beiden Mineralien in demselben Verhältnifs zu einander stehen, wie viele der unter dem Namen Mesotyp, Mesolith und Mesole analysirten, aber

jüngeren vulkanischen Mineralien. Diefs zeigt, dafs analoge Mineralien wie die, welche in den pyorgenischen Bildungen der späteren Zeiten vorkommen, sich auch in den älteren desselben Ursprungs finden, wovon man, obgleich man schon früher in diesen Bildungen Chabasie, Stilbit und Mesole angetroffen hat, nicht ungern neue Bestätigungen vernehmen wird. In der chemischen Zusammensetzung unterscheidet sich das Mineral dadurch vom Rosellan, dafs das Kali als Trisilicat in den Rosellan eingeht, und dafs der Sauerstoff des Wassers im ersten Gliede das Dreifache des Sauerstoffs vom Kali im Rosellan ist; aber sowohl im Rosellan als im Polyargit ist der Sauerstoff des Wassers im ersten Gliede gleich dem Sauerstoffgehalt der mit dem Kali verbundenen Kieselerde. Das zweite Glied ist dagegen für beide Mineralien von gleicher Zusammensetzung. Was den Polyargit betrifft, so ist sein spec. Gewicht =2,75, seine Härte gleich der des Flufsspaths. Er kommt nicht krystallisirt vor, sondern bildet mehr oder weniger grofse schiefrige Stücke in dem Granit, welcher, neben Eisenerz, in der jetzt verlassenen Eisengrube Kärrgrufva, im Kirchspiel Tunaberg in Södermanland, vorkommt. Das Mineral läfst sich in einer Richtung spalten und ist in dieser glänzend. Seine Farbe geht vom schwachen Rosenroth bis zum vollen Roth. Sein Name wurde von seinem grofsen Thonerdegehalt entlehnt.

XII. *Etwas über die Zusammensetzung der Oberharzer Bleisteine; von Th.* **Bodemann** *in Clausthal.*

Diese Bleisteine sind ein Zwischenproduct, welches sich regelmäfsig bei der Zersetzung des Bleiglanzes durch Granulireisen oder eisenhaltige Körper erzeugt. Es zeigt einen etwas variirenden Bleigehalt, und man beobachtet nicht eben sehr selten auf der Unterfläche der Bleisteinscheiben Krystallbildungen. Die äufseren Umstände, unter denen diese Krystalle sich bilden, sind dem Harzer Hüttenmanne vollständig bekannt, und ich will hier nur bemerken, dafs mir kein krystallisirter Bleistein bekannt geworden ist, von dem die metallurgische Probe unter 50 Pfund Blei im Centner angegeben hätte.

Vorzugsweise häufig finden sich diese Krystalle im Bleisteine der Lautenthaler Hütte, welcher gewöhnlich etwas bleireicher, als der auf den übrigen Hütten gehalten wird; dann noch beim Ausschüren der Oefen, wobei man häufig eine aufsergewöhnlich grofse Menge bleiischer Zusätze mit verschmilzt. Die Krystalle sind $\frac{1}{2}$ Zoll und darüber lang, aber es ist unmöglich auch nur zu bestimmen, zu welchem Krystallsysteme ihre Form gehört. Ihre Bildung erfolgt jedesmal in ziemlich kurzer Zeit aus einer breiigen, teigigen Masse, die roth glüht und mit der atmosphärischen Luft in Berührung steht. Die Krystalle, welche im Inneren einen mehr oder weniger regelmäfsigen Blätterdurchgang und vollkommenen Metallglanz zeigen, sind auf der Oberfläche rauh und oxydirt. Auf dem ersten Anblick scheinen sie Rhomboëder zu seyn, bei näherer Besichtigung aber zeigen sich einspringende Winkel und unvollständige Flächenausbildungen [1]). Ich habe

1) Die Krystalle der Bleisteine, welche mir Hr. **Bodemann** mittheilte,

die Analyse von mehreren Oberharzer Bleisteinen in der Hoffnung unternommen, ein bestimmtes Verhältniſs in den Bestandtheilen der Krystalle aufzufinden. Das Nachfolgende wird zeigen, daſs eben so wenig, jedoch nach dem Ausfalle der Analysen der Krystalle, diese eine reine chemische Verbindung sind, als, wie ich früher gefunden hatte, der derbe Bleistein es ist.

Die Bleisteine wurden vor der Analyse von ihrer oxydirten Oberfläche befreit, welches sich leicht durch Abschaben mit einem Messer thun lieſs. Ihre Farbe auf dem frischen Bruche ist bleigrau, bei geringem Bleigehalte in's Gelbliche ziehend.

Die Analysen 1, 2 und 3 stellte ich im Laboratorio des Hrn. H. Rose an, es geschah die Zersetzung hierbei durch Chlorgas, wobei des nur geringen Antimongehaltes wegen keine Weinsteinsäure in der vorgeschlagenen Flüssigkeit angewandt wurde. Die weitere Trennung der Bestandtheile geschah nach den gewöhnlichen Methoden.

Die vier Analysen, 4 bis 7 incl., wurden vor einigen Jahren von Hrn. Brüel aus Hannover ebenfalls im Laboratorio des Hrn. Prof. H. Rose angestellt. Auf meine Bitte erhielt ich von diesem meinem Freunde das Resultat dieser Analysen, als ich die meinen beendigt hatte, mit der Erlaubniſs solche hier benutzen zu können. Er theilte mir dabei mit, daſs er in allen Bleisteinen,

sind offenbar Hexaëder, die mit einer ihrer Ecken aufgewachsen vorkommen. Sie sind dabei aus lauter äuſserst kleinen Hexaëdern oft nicht ganz regelmäſsig zusammengesetzt, wodurch ihre Flächen rauh und in der Mitte wie eingedrückt, auch ihre oberen Ecken spitz, wie die von spitzen Rhomboëdern erscheinen. Die Krystalle sind indessen sehr vollkommen parallel ihren Flächen spaltbar, und wiewohl die Spaltungsflächen durch eine Menge kleiner Höhlungen unterbrochen sind, so lassen sich doch ihre Winkel noch mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen; daher über die Beschaffenheit der Form selbst kein Zweifel bleiben kann. Form und Spaltbarkeit ist demnach ganz dieselbe wie beim Bleiglanz. G. Rose.

nen, aufser den angegebenen Bestandtheilen, auch einen Kohlengehalt beobachtet habe, und dafs er seine Arbeit nicht bekannt gemacht, weil es ihm nicht gut gelungen sey, den Kohlenstoff quantitativ zu bestimmen.

Die Analysen 8 bis 11 von derben Bleisteinen wurden früher von mir angestellt, und sind No. 9 bis 11 bereits zu einem anderen Zwecke im Eislebener *Bergwerksfreunde*; Bd. III No. 3, kurz erwähnt. Es befindet sich daselbst auch Bd. III No. 19 eine Notiz, aus welcher erhellt, dafs *alle* Bleisteine, deren Analyse hier mitgetheilt wird, eine Spur Wismuth enthalten müssen, zu geringe jedoch, um durch die Analyse quantitativ bestimmt werden zu können.

Bei diesen letzten vier Analysen wurde Königswasser zur Zersetzung angewendet, was jedoch weniger vortheilhaft ist, sowohl bei der Zersetzung selbst, als auch bei der weiteren Zerlegung.

In der nachfolgenden tabellarischen Uebersicht giebt Columne I die in 100 Theilen gefundenen Gehalte an; in den drei anderen Reihen habe ich versucht den gefundenen Schwefelgehalt nach drei verchiedenen Annahmen unter die gefundenen Bestandtheile zu vertheilen.

Gemeinschaftlich für alle drei Reihen ist angenommen, dafs das gefundene Antimon, Kupfer, Zink, Silber und Arsenik sich in den Bleisteinen verbunden mit Schwefel befinde als folgende Schweflungsstufen: $\overset{\prime\prime\prime}{Sb}$, $\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}$, $\overset{\prime}{Zn}$, $\overset{\prime}{Ag}$ und $\overset{\prime\prime}{As}$.

Obgleich ich es für eben so wahrscheinlich halte, dafs Antimon und Arsenik in diesen Bleisteinen gegen die übrigen Metalle, wenigstens mit einer gewissen Menge ihres Gehaltes, eine ähnliche Rolle übernehmen, wie sie der Schwefel gegen solche spielt: so habe ich doch, da zur Zeit keine sicheren Beweise dafür vorzubringen stehen, obige Annahme vorgezogen, zumal da die geringe Menge desselben an dem Gesammtausdrucke wenig ändert.

Bei der zweiten Reihe ist nun aufserdem berechnet, wie viel das gefundene Blei und Eisen an Schwefel erfordert, damit die Schwefelungsstufen $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ entstehen; in der dritten Reihe sind die Schwefelmengen angegeben, welche erforderlich sind, wenn Blei und Eisen als $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ gedacht werden, und in der letzten die nöthigen Schwefelmengen, um Blei und Eisen als $\overset{\prime\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ ansehen zu können.

Gefundene Gehalte.

Berechnete Schwefelmengen auf die gefundenen Metalle, wenn man in den Bleisteinen annimmt:

1) Bleistein in grofsen Krystallen, auf Lautenthaler Hütte vor etwa einem halben Jahre gefallen.

		$\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime}{Fe}$	$\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime}{Fe}$	$\overset{\prime}{Pb}\overset{\prime}{Fe}$
Blei	59,33	4,61	9,22	9,22
Eisen	19,60	11,64	5,81	11,64
Kupfer	1,10	0,28	0,28	0,28
Zink	0,17	0,08	0,08	0,08
Antimon	0,13	0,05	0,05	0,05
Silber	Im Ctr. einige Lothe	16,66	15,44	21,27
Schwefel	18,92			
	99,25.			

2) Derber Bleistein von demselben Stücke, auf dessen Oberfläche sich die unter I angegebenen Krystalle ausgeschieden hatten.

Blei	53,31	4,12	8,28	8,28
Eisen	21,56	12,78	6,39	12,78
Kupfer	0,23	0,06	0,06	0,06
Zink	2,24	1,12	1,12	1,12
Antimon	0,38	0,14	0,14	0,14
Silber	Einige Lothe im Ctr.	18,22	15,99	22,38
Schwefel	19,33			
	97,05.			

	Gehalt:	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$

3) Bleistein in grofsen Krystallen, auf der Lautenthaler Hütte vor einigen Jahren gefallen.

Blei	65,78	5,11	10,20	10,20
Eisen	13,03	7,91	3,86	7,91
Kupfer	1,15	0,29	0,29	0,29
Zink	0,67	0,33	0,33	0,33
Antimon	0,18	0,07	0,07	0,07
Silber	Einige Loth im Ctr.	13,71	14,75	18,80
Schwefel	17,27			
	98,08.			

4) Krystallisirter Bleistein von der Lautenthaler Hütte. (Brüel.)

Blei	60,690	4,72	9,43	9,43
Eisen	20,356	12,17	6,03	12,17
Kupfer	0,487	0,12	0,12	0,12
Zink	0,550	0,27	0,27	0,27
Antimon	0,362	0,14	0,14	0,14
Silber	0,110	0,001	0,001	0,001
Schwefel	16,402	17,421	15,992	22,131
	98,957.			

5) Krystallisirter Bleistein von der Clausthaler Hütte. (Brüel.)

Blei	73,346	5,70	11,39	11,39
Eisen	9,814	5,82	2,91	5,82
Kupfer	0,396	0,10	0,10	0,10
Zink	0,198	0,09	0,09	0,09
Antimon	0,397	0,15	0,15	0,15
Silber	0,116	0,001	0,001	0,001
Schwefel	15,338	11,861	14,641	17,551
	99,605.			

	Gehalt:	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$	$\overset{,}{Pb}\overset{,}{Fe}$

6) Bleistein oder Kupferstein von der Clausthal Hütte, beim Rösten des Bleisteins vom dritten Durc stechen 1836 erzeugt. Blättrige Textur; Gröfse d Blätter bis einen Zoll quadrat, (Brüel.)

Blei	43,07	3,35	6,69	6,69
Eisen	8,03	4,76	2,38	4,76
Kupfer	30,46	7,74	7,74	7,74
Antimon	0,74	0,27	0,27	0,27
Silber	0,12	0,002	0,002	0,002
Schwefel	17,12	16,122	17,082	19,462
	99,54.			

7) Bleistein vom Rastofenschmelzen, Clausthaler Hüt 1836; porös. (Brüel.)

Blei	13,65	1,06	2,12	2,12
Eisen	63,14	37,45	18,72	37,45
Kupfer	0,88	0,22	0,22	0,22
Antimon	0,13	0,05	0.05	0,05
Silber	0,03	0,00	0,00	0,00
Schwefel	22,01	38,78	21,11	39,84
	99,84.			

8) Derber Bleistein von Andreasberger Hütte, bei ble reicher Beschickung vor etwa einem Jahre gefallen.

Blei	35,68	2,76	5,53	5,53
Eisen	31,55	18,29	9,35	18,29
Kupfer	3,79	0,96	0,96	0,96
Antimon	1,49	0,54	0,54	0,54
Arsenik	1,07	0,45	0,45	0,45
Mangan und Nickel	0,25	0, ?	?	?
Silber	0,117	0,001	0,001	0,001
Schwefel	23,97	23,001	16,831	25,771
	97,917.			

Aufserdem eine geringe, dem Gewichte nach noc *nicht* bestimmte, Menge Titan.

	Gehalt:	$\acute{Pb}\acute{Fe}$	$\acute{Pb}\acute{Fe}$	$\acute{Pb}\acute{Fe}$

9) Bleistein von der Clausthaler Hütte; 1836 beim letzten Durchstechen gefallen; derb und gemengt aus bleigrauen und röthlich bleigrauen Körnern.

Blei	32,06	2,49	4,98	4,98
Eisen	13,50	8,01	4,00	8,01
Kupfer	34,01	8,64	8,64	8,64
Antimon	2,67	0,99	0,99	0,99
Silber	0,071	0,00	0,00	0,00
Schwefel	15,55	20,13	18,61	22,62
	97,861.			

10) Derber Bleistein vom Rastofenschmelzen; November 1839 auf der Clausthaler Hütte gefallen.

Blei	8,26	0,64	1,28	1,28
Eisen	58,00	34,40	17,19	34,40
Kupfer	0,90	0,23	0,23	0,23
Antimon	2,40	0,89	0,89	0,89
Silber	0,0205	0,00	0,00	0,00
Schwefel	31,38	36,16	19,59	36,80
	100,9605.			

11) Derber Bleistein, bei gewöhnlicher Arbeit September 1839 auf der Clausthaler Hütte gefallen.

Blei	41,50	3,22	6,45	6,45
Eisen	34,05	20,21	10,33	20,21
Kupfer	0,36	0,09	0,09	0,09
Antimon	0,66	0,25	0,25	0,25
Silber	0,117	0,001	0,001	0,001
Schwefel	23,82	23,771	17,121	27,001
	100,507.			

Es zeigt sich nach dieser Uebersicht, dafs der durch die Analyse gefundene Schwefelgehalt durchgängig bei *allen* Bleisteinen zu geringe ist, um Blei und Eisen als die Sulfurete $\acute{Pb}$ und $\acute{Fe}$ in ihnen zusammen vorkom-

mend annehmen zu können, dafs er dagegen zu grofs ist, um die Untersulfurete $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ als zusammen die Bleisteine bildend betrachten zu dürfen.

Weder das Resultat der Analysen noch die Umstände, unter denen sich diese Bleisteine beim Schmelzprocesse bilden, entscheiden, ob man neben $\overset{\prime}{Pb}$ das von *Arfvedson* beschriebene Eisenuntersulfuret $\overset{\prime}{Fe}$, oder neben $\overset{\prime}{Fe}$ das von *Bredberg* beschriebene Bleiuntersulfuret $\overset{\prime}{Pb}$ (oder vielleicht auch $Pb^4 S$) anzunehmen habe. Möglich ist es auch, dafs neben den Sulfureten $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$, beide Untersulfurete $\overset{\prime}{Pb}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ in unbestimmten Verhältnissen innig zusammengeschmolzen in den Bleisteinen vorhanden sind.

Man erkennt weder in den Krystallen noch in den derben Stücken (ausgenommen No. 9) mit bewaffneten Augen ein Gemenge.

Durch ein Umschmelzen und langsames Krystallisiren der auf den Hütten gebildeten Krystalle ist es vielleicht möglich über die wahre Zusammensetzung derselben näheren Aufschlufs zu erhalten; und es ist vielleicht die Kraft, mit welcher Eisen, Blei und Schwefel zu einer krystallisirbaren chemischen Verbindung zusammentreten zu können scheinen, eine der Ursachen, welche verhindern, dafs selbst bei grofsem Ueberschufs von Eisen aus dem Bleiglanze ein bleifreier Stein gewonnen werden kann.

XIII. *Ueber die bei Iwan, im Oedenburger Comitate Ungarns, am 10. August Abends zwischen 9 und 10 Uhr aus der Luft gefallenen und für Meteorsteine ganz neuer Art ausgegebenen Körner; von Karl Rumler,*

Kustos-Adjuncten am k. k. Hof-Mineralienkabinette zu Wien.

Ich hatte Gelegenheit an 80 Wiener Pfund dieser Körner beisammen zu sehen, welche von den Bewohnern Iwans, und zwar besonders von der dortigen Schuljugend, gesammelt und von dem verdienten Wiener Mineralien-Händler, Hrn. Jacob Baader, Dr. der Medicin, der deshalb eigens nach Ungarn gereist war, an Ort und Stelle angekauft wurden. Ueberdiefs hatte ich schon früher eine kleine Parthie davon gesehen, welche das k. k. Hof-Mineralien-Kabinet von dem Hrn. Grafen Ladislaus Festetics, dem das Verdienst gebührt, diese Körner zuerst nach Wien gebracht und dadurch aufmerksam darauf gemacht zu haben, zum Geschenke erhielt. Auch hatte Hr. Baron v. Reichenbach, der diese Körner, gleich mir, zuerst im k. k. Hof-Mineralien-Kabinette zu Gesichte bekam, und daselbst auch die Nachweisungen über Zeit und Ort ihres Falles, insoweit sie damals bekannt waren, erhielt, welche ihn bei seiner, einige Tage später nach Zinkendorf in Ungarn unternommenen Geschäftsreise leiteten, die Güte, mir sieben derselben zu einer qualitativen Analyse einhändigen zu lassen.

Was nun die grofse Parthie von 80 Pfund betrifft, so bestand dieselbe sichtlich aus drei verschiedenen Substanzen, von denen zwei als zusammengehörig betrachtet werden mufsten, während die dritte, aus mehr oder weniger runden oder eckigen Geschieben von Quarz, Sand-

steinen, Graphit, verhärtetem Thon, Schlacke, Kohle u. dergl. bestehend, als den beiden ersteren Substanzen entweder schon ursprünglich oder durch Unkenntnifs der Sammler beigemengt angesehen und daher von jenem abgeschieden wurde.

Die beiden ersteren, wahrscheinlich einer und derselben Kraft ihre Bildung verdankenden Substanzen stellten graupige Körner dar, welche in der Gröfse von der eines Mohnkornes bis zu der einer Haselnufs wechselten, wobei die von der Gröfse einer mittleren Erbse der Menge nach vorherrschten. Sie sind fast kugelrund, theils mehr oder weniger knollig, theils bohnenförmig, theils stumpfeckig, und lassen sich deutlich in drei verschiedene Gruppen bringen.

Die der ersten bei weitem zahlreichsten Gruppe zeigen eine rauhe oder nur in sehr geringem Grade fettglänzende Oberfläche, und sind schwärzlichbraun und undurchsichtig. An einigen kann man äufserlich eingemengte Quarzkörner, an anderen eine schmutzigweifse, in's Gelbe ziehende, leicht zerreibliche Masse unterscheiden, welche letztere zuweilen auch innerlich auftritt. Beim Zerschlagen sind sie etwas spröde, leicht zersprengbar und zerreiblich, und offenbaren eine dünnschalige Zusammensetzung, die sich bei einigen schon kund giebt, und von Nichtkennern leicht mit der Erscheinung der Rinde an den eigentlichen Meteoriten für einerlei gehalten werden könnte. Der Bruch ist uneben, feinkörnig bis erdig. Die Absonderungsflächen erscheinen matt bis wenig glänzend, die Bruchflächen schimmernd, bald in's Matte, bald in's wenig Glänzende übergehend. Das Steinpulver ist gelblichbraun bis braun. Eine Wirkung auf den Magnet fehlt gänzlich. Spec. Gew. =2,460 . . . 2,843, nach dreizehn an verschiedenen Stücken vorgenommenen Bestimmungen. Härte kaum über 2,0 der Mohs'schen Scala.

Chemische Bestandtheile. Die Körner dieser Gruppe

lösen sich in Chlorwasserstoffsäure leicht auf, bis auf einen bald gröfseren, bald kleineren Rückstand, der von derselben nicht weiter angegriffen wurde. Dieser Rückstand erschien nach dem Aussüfsen und Trocknen als ein schmutzigweifses Pulver, welches ein Gemenge von reiner Kieselerde mit einer durch's Glühen mit kohlensaurem Natron im Platintiegel vollkommen aufschliefsbaren Substanz darstellte. Im Ganzen bestanden die untersuchten Körner aus: Eisenoxydhydrat, Manganoxydul, Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Phosphorsäure, und Spuren von Talkerde, Schwefelsäure und Kohlensäure (letztere besonders in den Stücken mit der oben bemerkten schmutzigweifsen Substanz), und verloren, wohl getrocknet und dann geglüht, zwischen 9,0 und 14,0 Procent Wasser. Das Verhältnifs der einzelnen Bestandtheile zu einander war in verschiedenen Körnern wechselnd, weshalb auch eine genaue quantitative Analyse nicht vorgenommen wurde. Ihre Zusammensetzung stimmt, bis auf den sehr geringen Gehalt an Kohlensäure, mit jener der schwedischen Sumpf- und See-Erze, von welchen L. Svanberg 32 Arten analysirt hat, vollkommen überein (siehe Berzelius, Jahresbericht, XIX, S. 223), und unterscheidet sich von der der eigentlichen Meteorsteine durch den Mangel an Eisenoxydul, welches in diesem bis jetzt noch nicht fehlte, und durch den Gehalt an Eisenoxydhydrat, Schwefelsäure, Kohlensäure und selbst Phosphorsäure (denn Shepard's Entdeckung dieser Säure im Meteorsteine von Richmond ist noch zweifelhaft), welche in den Meteorsteinen noch nie aufgefunden werden konnten.

Die Körner der zweiten Gruppe, welche bei weitem minder zahlreich ist, gleichen mehr ellipsoidischen Geschieben, haben eine durchaus rauhe, sandige, mit Quarzkörnern reichlich besäete Oberfläche und eine schmutzig ochergelbe Farbe. Im uneben körnigen Bruche zeigen sie mehrere, bald lichter, bald dunkler gefärbte Lagen,

ohne eine Spur von schaaliger Zusammensetzung, und stellen einen feinkörnigen, durch Eisenoxydhydrat und Thonerde verbundenen, sehr quarzreichen, mitunter auch kleine, denen der ersten Gruppe sehr ähnliche, nur etwas lichter gefärbte Körner einschliefsenden Sand dar.

Die Körner der dritten Gruppe endlich, von denen nur wenige in der ganzen Parthie vorkamen, sind von vielen Varietäten des gewöhnlichen Bohnenerzes, namentlich von der bei Laserbach und Helfers in Krain vorkommenden, kaum zu unterscheiden. Sie sind stumpfeckig, oder mehr und weniger abgerundet, wenig glänzend, röthlichbraun, im Bruche uneben und schimmernd, von unveränderlichem Strich und spröde.

Die Körner der beiden letzteren Gruppen wurden keiner chemischen Prüfung unterzogen, und zwar um so weniger, als ihr äufseres Ansehen unzweideutig dafür spricht, dafs sie, obwohl mit jenem der ersten Gruppe in unzertrennlicher Verbindung stehend, kaum von irgend Jemanden, der auch nur ein Mal einen eigentlichen Meteorstein gesehen hat, für einen solchen ausgegeben werden dürften, selbst wenn sie ihm von oben herab in den eigenen, neben ihm stehenden Hut gefallen seyn sollten.

Und was selbst die Körner der ersten Gruppe betrifft, die vorzugsweise für Meteorsteine *ganz neuer* Art angesehen wurden, so wird sich Jedem, der ihre mineralogische und chemische Beschaffenheit und die vor, bei und nach ihrem Falle stattgefundenen Erscheinungen unbefangen erwägt, unabweislich der Gedanke aufdringen, dafs dieselben nichts anderes seyn möchten, als durch irgend ein irdisches Meteor (Wind- oder Wasserhose) aus den Seen und Sümpfen der Umgegend emporgehobenes und in dem Umkreise von Iwan wieder niedergefallenes See-Erz, so wie es in Schweden unter den Namen *Purlemalm* und *Krut*- oder *Hagelmalm* bekannt ist, wo es auf dem Grunde der Landseen, in vorzügli-

cher Menge in Småland und Kronobergs-Lehn, sich findet, und entweder im Winter unter dem Eise oder im Sommer auf Holzflöfsen herausgefischt wird. (Siehe W. Hisinger, Versuch einer mineralogischen Geographie von Schweden. Freiberg 1819, S. 344 und 345.)

Diese Ansicht dürfte darin noch eine feste Stütze finden, dafs, wenn es auch erlaubt war, aus der mineralogischen Unähnlichkeit der eigentlichen Meteoriten mit unseren Erdkörpern, selbst bei ihrer nahen chemischen Verwandtschaft mit letzteren und aus der Eigenthümlichkeit der ihren Fall begleitenden Umstände ihren kosmischen Ursprung zu folgern, es doch kaum gestattet seyn möchte aus der mineralogischen Aehnlichkeit und vollkommenen chemischen Identität der fraglichen Körner mit auf der Erde in Menge vorkommenden Körpern, und aus den vor, bei und nach dem Falle derselben beobachteten, denen, welche eine Wasserhose zu begleiten pflegen, ganz analogen Phänomenen, auf ihren Niederfall aus dem weltumfassenden Raume zu schliefsen.

Es bedarf meines Erachtens anderer kräftigerer Beweise als der, dafs diese Körner zur Erde herabgefallen sind, um an eine Verwandtschaft derselben mit den wahren Meteoriten denken zu können. Vorerst sind sie daher als etwas auf der Erde Erzeugtes, also ihr Zugehöriges, zu betrachten, das mit einem, wenn auch nur terrestrischen, so doch immer höchst merkwürdig bleibenden Meteor in Verbindung steht.

Wien, den 28. October 1841.

XIV. *Mikroskopische Analyse des Iwaner Meteorstein-Regens vom* 10. *August* 1841, *und dessen nachweislicher terrestrischer Ursprung; von C. G. Ehrenberg.*

(Aus dem Monatsberichte der Königlichen Academie, Nov. 1841.)

Der Freiherr von Reichenbach aus Böhmen, der bekannte verdienstvolle Chemiker, und 1833 der unermüdliche und glückliche Sammler der Meteorsteine von Blansko, hat in No. 276 der Wiener Zeitung einen umständlichen Aufsatz über einen sehr merkwürdigen Fall eines neuen Meteorstein-Regens bekannt gemacht, der in der Umgegend des Dorfes Iwan in Ungarn am 10. August 1841 stattgefunden hatte. Dieser Aufsatz ist in andere, wahrscheinlich sehr viele Zeitungen übergegangen, und hat eine sehr allgemeine Theilnahme erregen müssen. In der Allgemeinen Augsburger Zeitung steht er in den Beilagen zum 20. und 21. October, dies. Zeit. No. 293 und 294.

Es war nämlich bei Iwan Abends gegen 10 Uhr bei ruhiger Luft, bedecktem dunkeln Himmel und tiefer Finsternifs plötzlich ein kurzer aber starker Platzregen gefallen, mit welchem sehr heftig schlagende, dem Hagel ähnliche Körner vom Himmel herabfielen. Diese Körner sind zum Theil von einem Feldhüter direct im Hute aufgefangen worden, und zeigten sich beim Anfühlen des Nachts ganz verschieden vom Hagel, am Morgen aber als schwarzbraune Steinchen, die der Mann einem Waldmeister, seinem Vorgesetzten wie es scheint, überbrachte, was dieser bestätigt hat.

Hr. v. Reichenbach hat zur sichern Ermittlung des Thatbestandes eine Reise in jene Gegend gemacht. Die

Geistlichen und Beamteten der Umgegend bekräftigten, zum Theil aus eigener directer Erfahrung die Sache, und obwohl bei den in großen Massen herabgefallenen Steinkügelchen eine sehr große Aehnlichkeit mit gekörnten Raseneisenerz oder Bohnenerz nicht zu verkennen war und in die Augen fiel, so war doch der Boden, auf dem sie zum großen Theil noch lagen, keineswegs ihr ursprünglicher Mutterboden, und das Fallen aus der Luft war erwiesen.

Hr. v. Reichenbach weist in diesem Falle die sich etwa aufdrängende Meinung, daſs das Phänomen von einer Wasserhose ausgegangen sey, selbst zurück, und berechnet, daſs, da er auf je $\frac{1}{2}$ Quadratzoll der Oberfläche jener betroffenen, sehr ausgedehnten Gegend 1 Körnchen annehmbar beobachtet habe, und in 1 Pfund der Masse 4000 Körnchen zählte, der gefallene Steinregen seiner ganzen Ausdehnung nach 350000 Millionen Steinchen enthalten haben möge, die etwa 350000 Centner wiegen. Ferner hat Hr. R. berechnet, daſs in der Luft wahrscheinlich die einzelnen Kügelchen je 11 Fuſs von einander entfernt geschwebt haben mögen, und findet daher diese schwebende, gekörnte, feste Masse gar sehr einer Kometensubstanz ähnlich, welche, obwohl fest, doch durchsichtig sey, wegen des Abstehens der Theilchen von einander.

Was liegt uns also nach allem dem im Wege, fährt er fort, diese Heerde von Hunderttausenden von Millionen kleiner Weltkörper wie einen wahren Mikrokosmus aufzufassen, der gewiſs seine inneren Bewegungsgesetze so genau wie seine äuſseren befolgt, seit Jahrtausenden den ursprünglichen empfangenen Geboten gehorchte fort und fort, bis die ganze kleine Welt endlich an eine andere unermeſslich viel gröſsere anrannte und zerschellte. Ist es ein Kartenhaus, das der Wind zusammenwarf? Oder ist es die Vorbedeutung unserer eigenen späteren Zukunft; ist uns unseres eigenen Ne-

belfleckes Schicksal des Sonnensystems mit der Milchstrafse Endgeschick damit in Ahnung gestellt?

Hierauf spricht Hr. v. Reichenbach die Meinung aus, dafs alle Bohnenerze vom Himmel gefallene Weltkörper seyn mögen, und dafs wir neben den vulkanischen, plutonischen und neptunischen nun auch jovische Gebirgsformationen einzureihen haben möchten.

So hält denn der wissenschaftliche Enthusiasmus des Beobachters das Ereignifs von Iwan ausdrücklich für den Eingangspunkt einer neuen Reihe von Erscheinungen in der Astronomie, Geologie und Physik.

Durch den Director der Kaiserlichen Naturalien-Sammlungen in Wien, den auch durch seine früheren Mittheilungen über die Meteorsteine sehr bekannten und verdienten Hrn. von Schreibers erhielt ich vor einigen Tagen eine Probe jener Meteorsteinchen von Iwan mit dem Wunsche, dafs ich dieselben doch einer mikroskopischen Analyse unterwerfen möchte. Die in Wien vorgenommene sey in Rücksicht auf mikroskopische Organismen erfolglos gewesen.

Ich entledige mich dieses ehrenvollen Auftrages vor der Academie der Wissenschaften, indem ich zugleich die mir übersandte Masse, von der ich nur vier Körner der Untersuchung geopfert habe, hierbei zur Ansicht vorlege, und in einigen Tagen dem Königl. Mineralienkabinet zu fernerer Aufbewahrung übergeben werde.

Diese Masse aus 30 und einigen Körnern bestehend, deren gröfste einer Haselnufs gleichen, deren kleinste einer Linse etwa im Durchmesser ähnlich sind, ist in ihren Theilen unregelmäfsig gerundet, und zeigt eine concentrischschalige Bildung wie das Bohnenerz, ist aber leichter als dieses zu seyn pflegt.

Ich habe die mikroskopische Untersuchung auf verschiedene Weise vorsichtig vorgenommen. Sogleich der erste Anblick der Masse, nach dem Abschaben kleiner

Theilchen, ergab das auffallende Resultat sehr vieler beigemischter fragmentarischer Quarzkörner, eingehüllt in ein eisenockerartiges Cäment.

Durch Glühen wurde die Masse nicht roth. Hierauf habe ich durch Kochen mit Salzsäure das Eisen und übrige darin Auflösliche zu entfernen gesucht, um die anderen mechanisch beigemengten Theile schärfer erkennen zu können, und das geschah leicht. Die Salzsäure färbte sich dunkelgelb, und der Rückstand, früher schwarzbraun, wurde gelblichweifs. Unter dem Mikroskop erschien dieser Rücksiand einem gewöhnlichen feinen Quarzsande sehr gleich, besonders einem solchen, wie er sich in plastischem Thone zeigt.

Ferner habe ich ein Steinchen unter destillirtem Wasser ganz allmälig zerdrückt, wobei es sich wie erhärteter Thon verhielt. Vorher hatte ich dasselbe mit destillirtem Wasser abgewaschen.

Durch diese verschiedenen Methoden, und die im Innern und Aeufsern der Substanz vorgenommenen Untersuchungen erhielt ich dasselbe Resultat, dafs nämlich die Masse nicht homogen, nicht blofs eine chemische Verbindung von Eisen mit anderen Stoffen, sondern dafs sie aus sehr heterogenen Theilen mechanisch zusammengesetzt war, deren Hauptbestandtheil dem Volumen nach nicht das Eisen, sondern ein feiner, durch Eisenoxyd und vielleicht andere Metalle, besonders aber auch durch einen feinen thonartigen Kieselmulm cämentirter Quarzsand ist. Von der schon von Hrn. v. Reichenbach vorgenommenen chemischen Analyse übergehe ich das Speciellere, und bezeichne nur die Substanz in ihrer mechanischen Zusammensetzung als dem Eisen-Bohnenerze ganz ähnlich.

Es gelang mir so wenig, als es den Beobachtern in Wien gelungen war, Infusorien in der Masse aufzufinden, die etwa den terrestrischen Ursprung derselben er-

wiesen hätten; allein der Quarzsand in dieser Form schien mir schon ganz ungeeignet, der Substanz einen kosmischen Ursprung zuzuerkennen.

Eine intensiver fortgesetzte Untersuchung brachte mich auf den Gedanken, die in Säure und Wasser unlöslichen festen Theilchen nach ihrer Schwere von einander zu sondern, und besonders die grofse Masse des Quarzsandes, welche die mikroskopische Betrachtung des übrigen sehr erschwerte, mechanisch zu entfernen. So wendete ich denn eine feine Methode des Schlemmens an. Unter den so in ein geringeres Volumen gebrachten leichteren Theilchen bekam ich dann ein offenbares feines schwarzes Fragment eines Pflanzenkörpers zur Ansicht, und aus seinen fünf reihenweis gestellten Augenpunkten liefs sich auch mit einiger Sicherheit auf Fichtenholz schliefsen. Es ist mir geglückt, das Stäubchen zu isoliren und zu weiterer Vergleichung aufzubewahren.

Das Steinchen, woraus dieses Fragment kam, war nicht mit destillirtem Wasser abgewaschen worden. Ich wendete nun besondere Aufmerksamkeit auf das im destillirten Wasser gereinigte und zerdrückte Steinchen.

Auch hier fand ich durch dieselbe Methode mehrere feine Pflanzenreste. Unter diesen ein Theilchen einer so entschieden dicotylischen Pflanze, dafs die Spiralfasern völlig deutlich vor Augen lagen. Zwei andere Theilchen zeigten zwar auch Röhrengefäfse und den Charakter dicotylischer Pflanzenbildung; allein nicht so entschieden in einer Jedem in die Augen fallenden Form. Ich habe sie sämmtlich aufbewahrt und mitgebracht.

Nun habe ich die mühsamen Untersuchungen nicht weiter als dahin ausgedehnt, mir selbst ein für meine Ueberzeugung und Urtheil genügendes Material von Anschauungen über die mechanische Zusammensetzung der Steinchen zu verschaffen. Dafs die von dem im destillirten Wasser abgewaschenen und mit solchem weiter behandelten Steinchen herstammenden Pflanzenfragmente doch

doch nur der äufseren Rinde angehören, und zufällig daran gekommen seyn könnten, ist mir selbst nicht wahrscheinlich, und mir ist in anderen Sumpferzen des Eisens dasselbe vielfach vorgekommen. Auch habe ich, wie es sich von selbst versteht, alle in der Luft um mich oder im Staube der benutzten Geräthschaften vorkommenden vegetabilischen Stäubchen zu eliminiren mich sorgsam bemüht, ein Umstand, der bei dergleichen feinen Untersuchungen gar sehr zu beachten ist, obschon er den Geübten nur einzeln und selten irren kann.

Da Pflanzentheile dieser Art sich weder im Weltraume bilden noch aufhalten können, auch der Quarzsand dieser Art, als heterogene Fragmente, nicht wohl den kosmischen Verhältnissen angepafst werden kann, so scheint mir der terrestrische Ursprung jener ungarischen Meteormasse mit Hülfe der mikroskopischen Analyse eben so gründlich entschieden, wie der des Meteorpapiers von 1686, worüber ich früher der Academie berichtet habe.

Was das Eisen anlangt, so ist dieses in jenen Gebilden offenbar in einem secundären Zustande, und der feine damit mechanisch innig gemengte Kieselmulm könnte leicht sammt dem Eisen den kleinen Schalen der *Gallionella ferruginea* angehört haben.

Gerade so ist es aber auch beim Bohnenerz, und es ist mithin das Resultat der Untersuchung, dafs die ungarische, wahrscheinlich, wie es auch Hr. v. Schreiber's ausdrücklich vermuthet, durch irgend einen starken elektrischen Wirbel oder Sturm hoch in die Luft und mehr oder weniger weit weggetragene Masse ein in irgend einem sumpfigen Boden oder See gebildetes Eisenbohnenerz wirklich ist, welches sich von andern Formen dieser Art durch seinen gröfseren Sandgehalt auszeichnet, und dadurch an Gewicht um so viel leichter ist, als solches Eisen und Quarz differiren. Das Niederfallen von Bohnenerz ohne Beimischung anderer Substanzen erklärt sich wohl durch die Erschei-

nung des Wurfens beim Reinigen des Getreides und die beim Schlemmen, wo sich oft auf überraschende Weise das Gleichartige in gleichem Raume zusammenlegt, das Ungleichartige in andere Räume verbreitet.

Denkbar ist es auch, dafs eine Wasserhose den ganzen Boden eines Sees aufwühlen und eine gewaltige Masse Schlamm auf eine wirbelnde Wolke übertragen könne, die, ohne selbst mit dem Rande des Sees in weitere Berührung zu kommen, diese Masse spurlos durch den Luftraum weiter führt, und zuletzt, mit dem Aufhören des Wirbels, allmälig fallen läfst. Bei den bekannten Fischregen scheint diefs sogar der gewöhnliche Verlauf zu seyn; denn von Verwüstungen ist dabei wohl nie die Rede gewesen. See und Umgegend verrathen zuweilen keine Spur von Gewalt.

Da dessen ungeachtet das Herabfallen einer bis zu approximativ so hohem Gewicht ansteigenden Masse aus der Luft ein sehr seltenes und sehr merkwürdiges Phänomen verbleibt, für dessen genaue Erörterung die Wissenschaft dem Hrn. v. Reichenbach dankbar verpflichtet ist, so ist eine Aufbewahrung dieser und ähnlicher Substanzen, bei den eigentlichen Meteormassen, um sie im Gedächtnifs zu erhalten, doch allerdings zu empfehlen, und zu wünschen, dafs jede ähnliche Erscheinung sich einer eben so aufopfernd sorgsamen Nachforschung erfreuen möge.

XV. *Notiz über ein Paar frühere Meteorsteinfälle.*

(Aus einem Schreiben vom Prof. W. H. Miller in Cambridge an den Herausgeber.)

— Der Meteorsteinfall, welcher im 24. Bande Ihrer Annalen (S. 222) als am 25. Octob. 1770 zu Hesargard in Rum-Ili geschehen angeführt wird, ist offenbar derselbe, welcher sich, nach Gilbert's Annalen, Bd. L S. 284, am 25. Octob. 1740 zugetragen haben soll. Entweder ist die 4 in der Jahreszahl mit einer 7 verwechselt worden, oder der Irrthum vielleicht aus dem Unterschiede in der Länge der christlichen und mahomedanischen Jahre entstanden.

Im Jahre 1830 Februar 15, um 7½ Uhr Morgens, ist bei Lauton, unweit Bicester, in Oxfordshire, ein zwei Pfund wiegender Meteorstein gefallen. Der Stein ist jetzt im Besitz des Dr. J. Lee, zu Colworth House, Bedfordshire. Ich entlehnte das Datum aus einem handschriftlichen Katalog in Dr. Lee's Hause zu London, als ich dort gegen Ende August's 1840 mit Hrn. Prof. Encke zusammentraf. Ein Bericht von diesem Meteorsteinfall erschien in einem Provinzial-Blatt; allein ich glaube, es ist desselben niemals in einer wissenschaftlichen Zeitschrift erwähnt worden. Ich nehme mir daher die Freiheit Ihnen das Ereignifs zu melden, da es Ihnen vielleicht angenehm seyn wird, dasselbe in den Annalen mitzutheilen. —

XVI. *Ueber das Eis im Sommer zwischen den Basalttrümmern bei Kameik in Böhmen; vom Professor A Pleischl.*

(Entnommen aus einem in den Abhandlungen der K. Böhm. Gesellsch. d. Wiss. (1838) enthaltenen Aufsatz, welcher vom Hrn. Verf., auf Veranlassung der in den Ergänzungsband, S. 517, eingerückten Nachricht von einem natürlichen Eiskeller im Westerwalde mitgetheilt wurde.)

Unter den verschiedenen Orten, wo Eis im Sommer gefunden wird, dürfte kaum einer in dieser Beziehung interessanter und belehrender seyn als der steile Abhang des Berges *Pleschiwetz* (Kahlberg) oberhalb *Kameik* (Kamegk), unweit Leitmeritz. Wissenschaftlich ist die dortige Naturerscheinung noch nicht gewürdigt worden; allein unter dem Volk der Umgegend ist sie allgemein bekannt, und da die in der Nähe und sehr romantisch gelegene *Kapelle des heiligen Johannes des Täufers in der Wüste*, dessen Fest auf den 24. Juni fällt, und stets am nächstfolgenden Sontag gefeiert wird, immer eine grofse Menge Wallfahrer von allen Seiten herbeizieht, so gehört es mit zum Beweise der gemachten Pilgerschaft, Eis unter den Basalttrümmern, schwarzer Stein vom Volk genannt, herauszusuchen, in Moos einzuwickeln, und so mit nach Hause zu bringen.

Kurze Nachrichten darüber finden sich auch in Schaller's *Topographie des Königreichs Böhmen*, Prag 1787, Theil V; und in J. G. Sommer's Werk: »*Das Königreich Böhmen* statistisch-topographisch dargestellt,« Bd. I, Prag 1833, S. 104.

Schon seit Jahren wünschte der Verf. sehnlichst diesen interessanten Ort zu rechter Zeit näher kennen zu lernen, aber erst im J. 1834, gegen Ende Mai, war es ihm möglich einen Ausflug nach Leitmeritz zu machen,

und von dort in Begleitung zweier Freunde und seines Bruders nach Kamick zu wandern. Er glaubt, die Zeit gut gewählt zu haben, indem der Mai 1834 bekanntlich sehr heifs war, und überdiefs ein warmer April und ein schneearmer Winter vorausgegangen waren.

Von der Johanniskapelle am Saume des Waldes, der den Berg Pleschiwetz bedeckt, führt ein Fufsweg weiter aufwärts über eine sanfte bewaldete Anhöhe, und dann gelangt man über eine kleine Fläche zu Basalttrümmern, dem eigentlichen Schauplatz der interessanten Naturerscheinung.

Der Berg Pleschiwetz fällt hier gegen Süden sehr steil ab, ist gröfstentheils blofs mit Basalttrümmern bedeckt, welche in der Regel nackt sind, ohne Moos, obgleich dasselbe sich auf den Basaltblöcken am Fufs des Steinberges findet. Die von Basaltblöcken bedeckte Fläche dürfte von Ost nach West ungefähr 30 bis 40 Klafter breit, und von Süd nach Nord steil ansteigend etwa 60 bis 70 Klafter lang seyn. Am Fufse dieser steilen Wand sind allerdings einige Bäume und Sträucher, so wie an beiden Seiten herum. Die Sonne brennt daher an diesem steilen, nach Süden gerichtetem Abhang sehr stark, und die Basaltstücke sind oft so heifs, dafs man sie mit blofser Hand nicht ohne Schmerzen berühren kann.

Es war ein schöner Sommertag; die Sonne schien sehr heifs, und wir verweilten, sagt der Verf., zwischen 12 bis 3 Uhr an Ort und Stelle. Die Basaltstücke hatten an der Oberfläche wenigstens eine Temperatur $+40^{\circ}$ R., steckte man aber die Hand in die Klüfte zwischen den Basalttrümmern hinein, so wehte eine eisige Luft sie an. Nachdem die lose, übereinanderliegenden Steine etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs tief bei Seite geschafft waren, so traf man Eis an, und zwar in solchen Spalten, in welchen die durch den Wind hineingewehten Blätter der Bäume theils ganz, theils halb vermodert, theils auch noch frisch vor-

handen waren, und diese sehr schwammige Blättermasse in den Zwischenräumen war gröfstentheils mit Eis überzogen.

Am 27. Aug. desselben Jahres besuchte der Verf. abermals Kameik's Basalttrümmer. Er fand die Temperatur der von der Sonne beschienenen oben aufliegenden Steine +33° R., und in den 2 bis 3 Fufs tiefer liegenden Spalten, in denen die Hand Eiskälte empfand, war die Temparatur +3° R., aber Eis war nicht mehr vorhanden.

Unterhalb der Johanniskapelle, östlich von derselben, befindet sich eine Quelle, deren Temperatur am 27. Aug. nur +3°,8 R. betrug, während das Thermometer im Schatten +22°,8 R. zeigte.

Ueber die Beschaffenheit dieses Orts im Winter erhielt der Verf. auf seine Fragen keine befriedigende Antwort, aus dem einfachen Grunde, weil er im Winter nicht besucht wird. Er beschlofs daher, sich durch eigene Anschauung darüber zu belehren.

Ein erster Ausflug dahin, im Januar 1835 unternommen, gab wegen des Wetters kein befriedigendes Resultat; desto besseren Erfolg hatte ein zweiter am 21. Januar 1838. Der Verf. berichtet darüber wie folgt.

»Dafs der steile, mit Basalttrümmern bedeckte Abhang nach Süden und etwas südwestlich gerichtet ist, wurde schon oben gesagt; dort, wo die Basalttrümmer aufhören, ist eine kleine Fläche, auf welcher verschiedene hohe Bäume, als: Fichten, Kiefern, Birken in einer Entfernung von der sogenannten Eisgrube von 2 bis 4 Klafter angepflanzt stehen, so dafs die Sonnenstrahlen die Eisgrube nicht treffen konnten, abgesehen davon, dafs sie wegen des niedrigen Standes der Sonne im Winter die Stelle nicht erreichten. Die Bäume, mit welchen die Basaltblöcke ringsherum umgeben sind, waren mit dem frisch gefallenen Schnee bedeckt, aber nirgends war an

ihnen eine Spur von geschmolzenem Schnee, um so weniger von Eiszapfen zu bemerken.«

»Die Stelle des Basaltgerölles, an welcher Hr. Wotruba (Stadtwundarzt in Leitmeritz, einer der Begleiter des Verf.) öfters schon im Sommer Eis gefunden, und nach Leitmeritz in Moos eingehüllt gebracht hat, mag etwa 4 bis 5 Klafter in die Länge von West nach Ost und etwa 3 bis 4 Klafter in die Breite von Süd nach Nord gegen den Berg ansteigend betragen, erscheint fast eben, wenigstens erhebt sie sich sehr sanft, und befindet sich unmittelbar am Fuſse des sehr steil ansteigenden Basaltabsturzes. Die Lufttemperatur im Schatten war um 11 Uhr —8° R.«

»Als wir den Ort, die eigentliche Eisgrube, betraten, überraschte es mich, in derselben mehrere Oeffnungen im Schnee zu sehen, während ringsherum eine ähnliche Erscheinung nicht bemerkt wurde, indem der Schnee den übrigen Theil des Basaltgerölles ziemlich gleichförmig bedeckte.«

»Vom *Winde* konnte das nicht herrühren, denn es hatte ziemlich windstill geschneit, und es waren überdieſs nirgends Windwehen, oder vom Wind zusammen- oder weggewehter Schnee zu sehen, und der Schnee bedeckte die ganze Gegend ringsherum ziemlich gleichförmig 1½ bis 2 Fuſs hoch.«

»Von der *Sonne* konnte es ebenfalls nicht bewirkt worden seyn; denn erstlich schien sie nach vielen Tagen erst heute wieder, beschien aber den Ort *gar nicht*, zweitens war ringsherum nirgends die geringste Spur von geschmolzenem Schnee, um so weniger von Eiszapfen, wie schon angeführt, zu bemerken. Bei näherer Besichtigung klärte sich jedoch die Sache auf; man sah nämlich in jeder dieser, gröſstentheils nach Norden gerichteten und gleichsam Kamine bildenden Oeffnungen viele *Eiszapfen* hineinhängen; aber wohl gemerkt, in den Zwi-

räumen der Basaltstücke selbst war sonst *nirgends* Eis zu entdecken. Das Thermometer in diese Oeffnungen gehalten, zeigte zwar nur —2° R. bis —3° R., aber die Hand in die verschiedenen Seitenspalten, in welche man das gläserne Thermometer nicht wohl hineinbringen konnte, eingeführt, fühlte allerdings eine *höhere* Temperatur, als die der umgebenden Luft. Aber das in dergleichen Spalten befindliche Moos war von Wasser triefend, ganz weich und ungefroren, erstarrte aber, herausgenommen, bald, wenn es einige Minuten an der freien Luft gehalten wurde.«

»Es ist somit klar und erwiesen, dafs in den Spalten der Basalttrümmer eine Temperatur vorhanden war, bei welcher das Wasser *nicht* gefriert, die also höher als 0° R. ist, eben weil das Moos nafs, weich und nicht gefroren war, und erst in der freien Luft erstarrte und gefror. Eben so mufste die *Wärme*, welche den Schnee in den Oeffnungen zum *Schmelzen* brachte, von der Erde ausströmen, da die atmosphärische Luft vorher und während der Beobachtung beständig viele Grade unter 0° R. war.«

»Hr. Wotruba hatte noch die Gefälligkeit, mich bis auf den Gipfel dieses Basaltgerölles zu begleiten. Diese höchste Stelle erreichten wir erst um 3 Uhr Nachmittags. Das Thermometer zeigte im Schatten einer freistehenden Eiche —9° R. Hier war ein grofser Theil der Basalttrümmer von Schnee ganz entblöst, ein anderer Theil war ganz mit einer Eisdecke überzogen, die aber von den Steinen 2 bis 3 Zoll abstand, und so einen hohlen Zwischenraum bildete, aus dem Wasserdämpfe kamen, die an der Eiskruste sich wieder verdichteten, und sich als sehr schöne Krystallisationen daran ansetzten. Die Hand fühlte in diesen Zwischenräumen eine angenehme Wärme. Bemerkenswerth ist ferner, dafs sich dieser Eispanzer, wenn ich so sagen darf, jedesmal nur auf der *südlichen* Seite der Steine

befand, *nie* auf der Nordseite, welche im Gegentheil, bei allen solchen bepanzerten Steinen, immer von Schnee und Eis ganz frei war.«

»An fünf bis sechs von Eis und Schnee ganz freien Stellen, von denen einige kleiner, andere gröfser waren, sah man deutlich Wasserdämpfe aufsteigen, die an der kalten Atmosphäre sich sogleich zu Bläschen verdichteten und als Nebel erschienen. Man sah ferner die Luft an diesen Stellen deutlich zittern, — wie an einem heifsen Tage über Felder, — welches Zittern durch ein Strömen der Luft nach aufwärts hervorgebracht wird.«

»An einer Stelle, nahe bei dem höchsten Gipfel dieses Absturzes, an welcher die Erscheinungen des Luftzitterns und Dampfens im ausgezeichnetsten Grade hervortraten, zeigte das Thermometer, etwa 6 Zoll tief zwischen die Steine hineingehalten, $+4^{\circ}$ R. bei -9° R. der äufseren Luft.«

»Die Quelle unterhalb und östlich von der Kapelle, deren Temperatur früher im Sommer und Winter bestimmt worden war, fand ich diesmal ganz zugefroren und mit Eis ganz überdeckt. Nach Durchstofsung der Eisdecke zeigte das Wasser 0° R. Eine zweite Quelle, oberhalb und westlich von der Kapelle zeigte bei wiederholter Bestimmung $+5^{\circ}$ R., bei einer Lufttemperatur von -9° R. im Schatten. Das Wasser dieser Quelle soll im Sommer so kalt seyn, dafs man es nicht trinken kann.«

Der Verf. wendet sich nun zur Erklärung der Erscheinung. Zunächst sucht er die Frage zu beantworten, wodurch das Schmelzen des Schnees auf dem Basalt entstanden sey. Zu dem Ende theilt er aus dem vom Prof. Hackl in der bischöfl. theolog. Lehranstalt zu Leitmeritz geführten meteorologischen Tagebuch die Beobachtungen vom 14. bis 20. Januar mit, und fährt dann fort:

»Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dafs die Temperatur der Luft wenigstens seit acht Tagen immer

tief unter 0° R. war, ja am 17. Morgens bis —20° R. herabsank, dafs immer trüber Himmel und starke Nebel vorangingen, und dafs es durch zwei Tage hinter einander, d. i. am 19. und 20. Januar, heftig schneite, lauter Umstände, welche für meine, am 21. dieses Monats, d. i. Tags darauf gemachten Beobachtungen, sehr günstig waren, und welche beweisen, dafs das Schmelzen des Schnees, wo es immer bei den Basalttrümmern stattgefunden hatte, *nicht* von der Sonnenwärme herrühren konnte, sondern von andern Ursachen bedingt werden mufste, nämlich von der durch den Basalt bis zur Erdoberfläche geleiteten inneren Erdwärme.«

In Betreff des Sommereises bemerkt der Verf. zunächst, dafs sich, nach Aussage Vieler, um so mehr Eis finde, je heifser der Sommer ist, und nur so lange dauere, als die Tage lang und die Nächte kurz sind. Ja ein Hr. Dr. Weifs, der sich als Gymnasiast sechs Jahre in Leitmeritz aufhielt, sagte ihm, dafs wenn man in jenen Steinlöchern das Eis entfernt hätte, sich während der Sommermonate in einigen Tagen neues bildete.

Der Verf. ist daher, so wie aus andern Gründen, der Meinung, dafs das Eis kein rückständiges Wintereis, sondern ein Gebilde des Sommers sey, und zwar ein durch Verdunstungskälte erzeugtes.

Er sagt: »Der Basalt ist als dichtes Gestein ein guter Leiter für die Wärme, nimmt also die Sonnenwärme leicht auf, theilt sie aber auch andern in der Nachbarschaft befindlichen Körpern wieder leicht mit. In den Zwischenräumen der Basaltstücke befindet sich, wie ich schon anführte, verwesendes Laub, und bildet eine schwammige Masse, welche von Wasser durchnäfst ist. Der von den Sonnenstrahlen heifse Basalt bewirkt nun, dafs ein Theil des Wassers in der schwammigen Masse verdampft; zu dieser Verdampfung braucht das Wasser aber Wärme, entzieht diese Wärme den zunächst vorhandenen Körpern und auch einem Theile des Wassers, und

macht es so kalt, dafs es zu Eis gefriert, wie unter der Glocke der Luftpumpe. — Die Natur macht hier also ein physikalisches Experiment im gröfsten Maafsstabe.«

Schliefslich macht der Verf. noch zwei Orte in Böhmen namhaft, wo sich Eis im Sommer finden soll.

Der erste, die sogenannten *Eislöcher*, am Steinberge in der Herrschaft Konoged, wird sowohl von Schaller (Leitmeritzer Kreis, S. 271), als von Sommer (Leitmeritzer Kreis, S. 333) erwähnt. Letzterer sagt: An der nordwestlichen Seite des Steinbergs befinden sich unter einem steilen Gehänge desselben die sogenannten Eislöcher, eine kleine von Waldung umwachsene Versenkung, wo selbst im heifsesten Sommer, unter dem aus Basaltblöcken bestehenden Steingerölle, sich Eisklumpen vorfinden, welche sich während der warmen Jahreszeit dort bilden.

Der andere Ort liegt am *Zinkenstein*, einem der höchsten Punkte der sogenannten *Vierzehnberge*, im Leitmeritzer Kreise. Von diesem sagt Sommer (Böhmens Topographie, Bd. I S. 339): An diesem Berge (dem Zinkenstein) findet sich eine gegen 5 Klafter tiefe Kluft im Basaltfels, in welcher im höchsten Sommer Eis anzutreffen ist. Bei Schaller geschieht davon keine Erwähnung.

Den ersten Ort zu besuchen hatte der Verf. keine Gelegenheit, und in dem zweiten traf er, wenigstens gegen Ende des Augusts, kein Eis an.

XVII. *Galvano-plastische Nachbildung einer gestochenen Kupferplatte.*

Die Galvanoplastik, diese aus der Daniell'schen Kette hervorgegangene eben so einfache, als schöne und nützliche Kunst, welche wir dem Prof. Jacobi d. A. verdanken, ist, sogleich nach ihrer Entstehung, durch Zeitungen und andere Tagesblätter, so wie bald darauf durch ein vom Erfinder herausgegebenes Schriftchen [1]) bei uns so allgemein verbreitet worden, daſs ich, voraussetzend, sie sey auf diesen Wegen auch zur Kenntniſs der Leser dieser Annalen gelangt, es im Gedränge anderer Gegenstände unterlassen zu können glaubte, sie besonders zur Sprache zu bringen. Ein Erzeugniſs dieser Kunst, welches mir vor Kurzem zu Händen gekommen, ist indeſs zu wohl gelungen, als daſs ich mir versagen könnte, desselben hier rühmend zu erwähnen.

Es ist der Abdruck des galvano-plastischen Nachbildes einer von J. Felsing nach einem Gemälde von Danielo Crespi in Kupfer gestochenen Christuskopfes. Jenes Nachbild ist von Hrn. Dr. R. Böttger in Frankfurt a. M. angefertigt, der mir sowohl von diesem als von der Originalplatte einen Abdruck zu übersenden die Güte hatte. Es sind mir im Laufe der Zeit verschiedene sehr schöne galvano-plastische Producte zu Gesicht gekommen, z. B. Reliefs von mehren Quadratfuſsen Oberfläche, theils vom Prof. Jacobi selbst, theils von Andern verfertigt, auch Abdrücke von nachgebildeten Arbeiten des Grabstichels (wie denn schon das Juniheft des *Phil. Magazine* von 1840 als Probe der Elektrotypie ein von Smee sehr sauber

1) Die Galvanoplastik, oder das Verfahren cohärentes Kupfer in Platten oder sonst gegebenen Formen unmittelbar aus Kupferlösungen auf galvanischem Wege zu produciren (Petersb. 1840).

dargestelltes englisches Wappen lieferte); doch entsinne ich mich nicht von Werken der letzteren Art schon eins von so grofsem Mafsstabe und so tadelfreier Beschaffenheit gesehen zu haben als eben das von Hrn. Dr. **Böttger**. Der Abdruck der Copie ist dem des Originals so gut wie völlig gleich. In der Schärfe und in der Reinheit der Striche ist gar kein Unterschied zu bemerken; und Verschiedenheiten, welche beide Abdrücke in der Schwärze vereinzelter Parthien darbieten, sind so gering, dafs sie ohne Zweifel nur dem Drucker zur Last fallen, und vermuthlich zwischen den Abdrücken der Originalplatte auch vorhanden seyn möchten.

Das von Hrn. Dr. **Böttger** befolgte Verfahren ist im Ganzen das bekannte. Da es indefs von Interesse seyn kann, dasselbe im Detail zu kennen, so stehe hier, was jener geschickte Chemiker selbst darüber im »*Frankfurter Gewerbfreunde*« bekannt gemacht hat.

»Die mir vom Hrn. Prof. J. **Felsing** zum Copiren auf galvanischem Wege übergebene gravirte Kupferplatte mafs 12½ Zoll (rheinl.) in der Länge und 9½ Zoll in der Breite. Sie wurde in einem, dem früherhin von mir beschriebenen, ganz ähnlichen Apparate [1]), als negative Elektrode dienend, unmittelbar mit einer amalgamirten, in einem mit Thierblase umgebenen Glascylinder sich befindenden Zinkplatte, durch schwache Kupferdrähte in leitende Verbindung gebracht, und so das Kupfer aus der Kupfervitriollösung gezwungen, sich direct auf die zuvor sorgfältig mit *Olivenöl* eingeriebene und wiederum abgeputzte Originalplatte, abzulagern. Die Entfernung der Originalplatte von der Thierblase im Apparate betrug 4 Zoll (rheinl. Maafs). Alle 24 Stunden wurde die amalgamirte, als positive Elektrode dienende Zinkplatte *gereinigt*, oder nach Bedürfnifs durch eine *neue ersetzt* und gleichzeitig die verdünnte Schwefelsäure (aus 10 Th.

1) Siehe meine: „*Beiträge zur Physik und Chemie*," 1841, II. Heft, S. 86.

Wasser und 1 Theil englischer Schwefelsäure bestehend) erneuert, die gesättigte Kupfervitriollösung aber, selbst wenn durch andauernde Zersetzung derselben eine grofse Menge freier Schwefelsäure darin nachweisbar war, niemals weggeschüttet, sondern alle zwei Tage darin so viel gepülverter Kupfervitriol aufgelöst, als in der Siedhitze davon aufgenommen wurde; die Lösung sodann erkalten gelassen, durch Leinwand filtrirt und in den Apparat zurückgegossen. Nach Verlauf von zehn Tagen ward die mit der Originalplatte scheinbar zusammengewachsene Kopie aus dem Apparate hervorgezogen, abgetrocknet, in einen Schraubstock gespannt, und die Ränder rings herum bis zu einer Tiefe abgefeilt, wo die Gränzlinie zwischen dem Originale und der Kopie sichtbar wurde. Hierauf klemmte ich mit Vorsicht die Schneide eines Taschenmessers auf einem einzigen Punkte zwischen beide Platten, steckte dann in die mit Sorgfalt erweiterte Ritze einen dünnen *Hornspatel*, und bewirkte mit diesem dann nach und nach die vollkommene Trennung der Kopie von der Originalplatte, ohne auch nur im mindesten die eine oder die andere zu verletzen. Das auf diese Weise gewonnene, eine gute halbe Linie dicke haut-relief ward nun mit Aetzkalilösung gereinigt, hierauf mit Olivenöl gehörig eingerieben, dieses wiederum durch ganz weiches Fliefspapier und Mitanwendung einer Bürste vollständig entfernt, und endlich auf gleiche Weise dem galvanischen Processe, wie vorhin angedeutet, ausgesetzt, um eine dem Originale ganz gleiche, *vertieft* gravirte Platte zu gewinnen. Nach Verlauf von vierzehn Tagen erhielt ich eine solche von der Dicke einer guten Linie, die sich ebenfalls, ohne besondere Schwierigkeiten von ihrer kupfernen Unterlage abheben liefs, und die, nach mehrfach vorgenommener Prüfung, in jeder Hinsicht der Originalplatte vollkommen gleicht.«

Ich benutze diese Gelegenheit, um hier nachträglich meinen Dank für ein Paar ähnliche Uebersendungen wie die von Hrn. Dr. Böttger öffentlich abzustatten, zunächst gegen Hrn. Prof. v. Kobell in München, der mir bereits im vorigen Jahre einige Proben der Leistungen des von ihm erfundenen Verfahrens zugestellt hat. Dies Verfahren besteht bekanntlich darin, daſs man die zu kopirende Zeichnung erst auf eine blanke Platte von Silber oder Kupfer aufträgt (mittelst einer Auflösung von Dammaraharz in Terpenthinöl, wozu Eisenroth, Mineralschwarz oder dergleichen gemischt wird), in der Weise, daſs die blank gelassenen Stellen des Metalls die höchsten Lichter, die mehr oder weniger gedeckten die Schatten liefern, und daſs man die so bemalte Platte zum negativen Gliede einer Daniell'schen Kette macht. Der dann auf dieser Platte sich bildende Kupferüberzug enthält die Zeichnung vertieft, und kann, nachdem er vom Original abgetrennt worden, wie eine gravirte oder radirte Platte abgedruckt werden. Die übersandten Proben waren als erste Erzeugnisse dieser neuen Kunst recht lobenswerth; als ich sie empfing, war indeſs das Verfahren bereits in Berlin bekannt, und man hatte mittelst desselben Abdrücke in gröſserem Maaſsstabe dargestellt, welche entschiedener zeigten, was sich auf diesem Wege erreichen läſst.

Das zweite Versäumniſs, welches ich hier gut zu machen hoffe, betrifft das von Hrn. Prof. Osann zu Würzburg in diesen Annal. Bd. LII S. 406 beschriebene Verfahren, mittelst Druck und Wärme aus fein zertheiltem Kupfer Copien von erhobenen oder vertieften Gegenständen anzufertigen. Der Hr. Verf. hatte seinen Aufsatz mit dem so dargestellten Abdruck einer Medaille begleitet, von dem ich nur bezeugen kann, daſs er einen sehr hohen Grad von Schärfe und Reinheit in der Zeichnung besaſs. Vermuthlich giebt es specielle Fälle, wo dieſs Verfahren eigenthümlichen Vortheil gewährt; doch scheint mir, wird die Anwendung desselben immer beschränkt bleiben, denn man kann darnach nur harte Gegenstände copiren, und wenn man einmal prägen will, möchte das gewöhnliche Verfahren, bei welchen die geschlagenen Stücke mit vollem Metallglanz aus dem Prägstück hervorgehen, leicht mehr Beifall finden. *P.*

XVIII. *Südlichster Vulkan.*

Bisher kannte man keine südlicheren Vulkane als die i. J. 1820 von Bellingshausen unter 69° S. auf der Alexander I. Küste, und i. J. 1839 von Balleny auf der Young-Insel unter 66° 4′ S. und 163° 11′ O.L. [1]) entdeckten. Seit Kurzem sind jedoch in dieser und anderer Hinsicht unsere Kenntnisse über die antarctischen Regionen bedeutend erweitert worden. Capitain James Clark Rofs und Commandant Crozier, die zum Behufe magnetischer Beobachtungen und anderer wissenschaftlicher Untersuchungen mit den Schiffen Erebus und Terror von England aus nach jenen Regionen abgesandt wurden, sind nämlich so glücklich gewesen, aufser mehren Inseln unter 70° und 71° S. einen hoch nach Süden hinauf ragenden Meerbusen aufzufinden und darin am 27. Jan. 1841 eine Insel unter 76° S. und 168° 12′ O. Grw. zu entdecken, die entschieden vulkanischer Natur ist. Sie zeigte einen Berg, der Flammen und Rauch ausstiefs, und eine Höhe von 12400 engl. Fufs besafs. Dieser Berg liegt 77° 32′ S. Br. und 167° 0′ O. Grw. Er erhielt den Namen *Erebus*, ein daneben liegender erloschener Vulkan: *Terror*. Die Reisenden näherten sich dem magnetischen Südpol bis auf 160 engl. Meilen, kamen nämlich bis 76° 12′ S. und 164° O. Grw., wo die Neigung 88° 40′ und die Abweichung 109° 24′ O. war. Unter 191° 23′ O. Länge von Grw. drangen sie am weitesten gegen Süden vor, bis 78° 4′ S., also 3° 49′ weiter als Capitain Weddel i. J. 1824 [2]). Endlich verfolgten sie von 70° bis 79° S. die Küste eines grofsen Südlandes (Victoria-Land genannt), das wahrscheinlich im Zusammenhange steht mit dem vom Capt. Dumont d'Urville und dem Commandanten Wilkes des nordamerikanischen Geschwaders entdeckten Küsten.

1) S. Ergänzungsband d. Ann. S. 525.

2) Man hat sich indefs dem Südpol immer noch nicht so weit genähert als dem Nordpol. Scoresby drang, freilich unter besonders günstigen Umständen, im J. 1806 mit seinem Schiffe bis 81° 30′ N. vor, und auf dem Eise gelang es Parry am 22. Juli 1827 sogar bis 82° 40′ N. zu kommen. *P.*

1841. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LIV.

I. *Ueber die durch Magnetisiren des Eisens vermittelst Reibungselektricität inducirten Ströme; von H. W. Dove.*

(Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 28. October 1841.)

Eisen, welches durch die Entladung einer Flaschenbatterie in einen vorübergehenden und daher ohne Verlangsamung des Stromes bisher nicht nachweisbaren magnetischen Zustand versetzt wird, inducirt in einem in seiner Nähe befindlichen Drahte elektrische Ströme. Diese unterscheiden sich in mehreren wesentlichen Merkmalen von den Strömen, welche von Eisen inducirt werden, welches vermittelst galvanischer oder Thermo-Elektricität magnetisirt wurde. Die nachfolgenden Versuche bezwecken zunächst, diese Unterschiede empirisch festzustellen. Ihre Ergebnisse zeigen, dafs bei dem Elektro-Magnetisiren des Eisens in demselben zwei einander entgegenwirkende Erscheinungen bedingt werden, nämlich Erregen elektrischer Ströme und Hervorrufen magnetischer Polarität. Bei den bisher in diesem Gebiete angestellten Untersuchungen überwog der Effect der magnetischen Polarisirung stets den hemmenden der zugleich erregten elektrischen Ströme, man erhielt daher, indem man diese letzteren mehr oder minder sich zu bilden hinderte, nur eine Schwächung der durch die magnetische Polarisirung hervorgebrachten Wirkung. Die nachfolgenden Versuche zeigen unter denselben Bedingungen eine vollkommene Umkehrung dieser Wirkung in die entgegengesetzte. Diese Umkehrung tritt aber für die physiologischen Wirkungen der inducirten Ströme, für ihre magnetisirenden Eigenschaften und für ihre thermi-

schen Wirkungen nicht zugleich ein, so dafs dieselbe experimentelle Vorrichtung, welche die eine dieser Wirkungen noch verstärkt, für die andere bereits einen schwächenden Einflufs äufsert. Dadurch werden alle Erklärungen beseitigt, welche aufgestellt worden sind, um eine dieser Wirkungen in ihren verschiedenen Modificationen allein zu erläutern. Ein elektrischer Strom erzeugt aber in einem neben ihm befindlichen Leiter einen andern schnell vorübergehenden elektrischen Strom, nur wenn er beginnt und wenn er aufhört, nicht aber so lange er fortdauert. Er erzeugt hingegen während seines ganzen Bestehens in einem neben ihm befindlichen Eisen Magnetismus, der sich in einer merkbaren Zeit zu seinem Maximum steigert. Die von Ampère zur Erläuterung dieses Magnetismus hypothetisch angenommenen die Eisentheilchen umkreisenden elektrischen Ströme unterscheiden sich also von allen bekannten elektrischen Strömen dadurch, dafs sie während der Dauer eines elektrischen Stromes sich bilden, d. h. unter Umständen eintreten, wo sich nie andere elektrische Ströme bilden. Die nachfolgenden Versuche zeigen, dafs die im Eisen bei dem Magnetisiren desselben nachweisbaren elektrischen Ströme entgegengesetzt wirken dem zugleich hervortretenden Magnetismus, ja dafs sie dessen Wirkung nicht nur vollkommen neutralisiren, sondern sogar ihre entgegengesetzte Wirkung überwiegend gelten machen können. Da es nun nicht passend scheint, zwei Naturthätigkeiten, von denen die eine unter Umständen zu wirken beginnt, bei welchen die andere nie hervortritt, und welche, wenn sie zugleich in demselben Körper thätig sind, einander so entgegenwirken, dafs bald die eine, bald die andere überwiegt, als identische durch denselben Namen zu bezeichnen, so scheint es zweckmäfsig, Magnetismus und Elektricität als zwei unterschiedene Naturkräfte anzuerkennen.

Ich werde zuerst an einem einfachen Schema den bei den Versuchen angewendeten Apparat und die damit erhaltenen Resultate erläutern, und dann die nähere Beschreibung derselben folgen lassen.

Wenn man in zwei gleichen Drähten *ab* und *cd* (Fig. 1 Taf. II), welche durch einen Draht *bc* mit einander verbunden sind, einen elektrischen Strom erregt, so wird dieser bei seinem Aufhören in zwei den ersten parallelen Drähten, $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, einen mit ihm gleichgerichteten Strom erzeugen. Verbindet man hingegen diese Drähte kreuzweise, d. h. (Fig. 2 Taf. II) α mit γ und β mit δ, so werden die von dem primären Strome *ad* in $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ inducirten Ströme einander entgegenwirken und bei Gleichheit derselben einander vollkommen aufheben. Befindet sich aber neben *ab* ein zweiter geschlossener Draht *efgh* (Fig. 2), so wirkt der in demselben inducirte Strom auf *ab* und $\alpha\beta$ zurück, und zwar, da er mit den Strömen in *ab* und $\alpha\beta$ gleichgerichtet ist, verzögernd. Da aber die in *ab* erregte Rückwirkung sich auf alle Theile des Stromes *abcd* erstreckt, so wird die Wirkung von *ab* auf $\alpha\beta$ in derselben Weise verändert als die von *cd* auf $\gamma\delta$, diefs kann also auf das vorher in $\alpha\beta\gamma\delta$ bestandene Stromgleichgewicht keinen Einflufs haben. Die Rückwirkung von *efgh* auf $\alpha\beta$ wird hingegen nothwendig jenes Gleichgewicht aufheben, wenigstens für die Prüfungsmittel, welche von derselben Elektricitätsmenge, wenn sie in längerer Zeit einen Draht durchläuft, weniger afficirt werden, als wenn diefs in kürzerer Zeit geschieht. Zu diesen gehört, wie ich früher ausführlicher gezeigt habe (diese Annalen, Bd. XXXIX S. 72), besonders die physiologische Wirkung und das Magnetisiren des Stahls, während der galvanometrische Effect des Stromes dadurch nicht verändert wird. Die in Beziehung auf jene Prüfungsmittel durch die Anwesenheit von *efgh* im Drahte $\alpha\beta\gamma\delta$ nach aufgehobenen Stromgleichgewicht hervortretenden Inductions-

erscheinungen werden demnach durch einen von β nach α gerichteten Strom erzeugt erscheinen, da der in $\gamma\delta$ von cd inducirte unverzögerte Strom überwiegt über den von ab in $\alpha\beta$ inducirten, aber durch $efgh$ verzögerten Strom. Auch sind diese Inductionserscheinungen allein der Wirkung von $efgh$ auf $\alpha\beta$ zuzuschreiben, da die directe Wirkung von ab auf $\alpha\beta$ durch die Anwesenheit von $efgh$ nicht vermindert wird, wie aus dem auf hintereinanderliegende Drahtwindungen bei Inductionen anwendbaren Multiplicationsprincip unmittelbar folgt.

Substituirt man statt des in sich zurücklaufenden Drahtes $efgh$ eine auf der Ebene desselben lothrechte Eisenstange sn (Fig. 2 Taf. II), so wird der primäre Strom ab diese magnetisiren. Der bei dem Aufhören des primären Stromes ab verschwindende Magnetismus dieser Eisenstange inducirt aber in $\alpha\beta$ ebenfalls einen Strom, und zwar gleichgerichtet mit dem, welchen der in ab bestehende elektrische Strom im Moment seines Aufhörens in $\alpha\beta$ hervorruft. Das vorher in $\alpha\beta\gamma\delta$ bestandene Stromgleichgewicht wird also ebenfalls aufgehoben werden, der resultirende Strom wird aber, und zwar für alle Prüfungsmittel, die entgegengesetzte Richtung zeigen, nämlich von α nach β, da nämlich jetzt das verstärkte $\alpha\beta$ über das unverstärkte $\gamma\delta$ überwiegt. Denken wir uns endlich jenes elektromagnetisirte Eisen sn von einem leitenden Drahte $efgh$ umgeben, so wird wegen des in sn verschwindenden Magnetismus im Drahte $\alpha\beta$ eine gröfsere Elektricitätsmenge in Bewegung versetzt als im Drahte $\gamma\delta$, wegen des in $efgh$ zugleich erregten elektrischen Stromes wird aber diese Elektricitätsmenge langsamer bewegt werden als die geringere Menge im Drahte $\gamma\delta$.

Hier können also drei verschiedene Fälle eintreten:

1) Die vermehrte Elektricitätsmenge steigert irgend eine bestimmte Wirkung des Stromes mehr, als die Verzögerung des Stromes sie vermindert.

2) Die durch die Vermehrung der Elektricitätsmenge

gesteigerte Wirkung wird genau compensirt durch die Verzögerung des Stromes.

3) Die Verzögerung des Stromes schwächt eine bestimmte Wirkung mehr, als diese durch die vermehrte Elektricitätsmenge gesteigert wird.

Im ersten Falle wird der Strom von α nach β gerichtet seyn, im zweiten wird das Stromgleichgewicht bestehen bleiben, im dritten wird der Strom von β nach α fliefsen. Bei allen bisherigen Inductionsversuchen durch elektromagnetisirtes Eisen hat man stets nur den ersten Fall beobachtet. Die folgenden Versuche zeigen, dafs auch der dritte, und als besonderer Fall auch der zweite eintreten kann, und dafs, wenn für ein Prüfungsmittel der erste eintritt, für ein anderes der dritte, und umgekehrt eintreten kann.

Ein aus isolirten Eisendrähten bestehendes Bündel gestattet nicht die Bildung peripherischer, das ganze Bündel umgebender elektrischer Ströme. Schliefst man dasselbe hingegen in eine leitende Hülle ein, z. B. in eine geschlossene Messingröhre, so wird das Bündel den Magnet *sn*, die Hülle den Draht *efgh* repräsentiren. Bei einer massiven Eisenstange wird die Oberfläche derselben als die einschliefsende Umhüllung *efgh* angesehen werden können. Ein solcher Elektromagnet ist also *sn* mit seinem einschliefsenden Drahte *efgh*.

Befindet sich neben *cd* eine ähnliche Combination $s_, n_,$ und $e_, f_, g_, h_,$, so wird das Stromgleichgewicht auf doppelte Weise aufgehoben, aus der Richtung des resultirenden Stromes wird aber erhellen, welche von beiden Störungen des Gleichgewichts die bedeutendere sey. Vermindert man diese durch Modification des stärkeren *sn* oder stärkeren *efgh*, so wird das gestörte Gleichgewicht wieder hergestellt werden können. Der Apparat wird dann eine messende Vorrichtung werden.

Zur Verstärkung der Wirkung ist es passend, sowohl den magnetisirenden Drähten *ab* und *cd*, als den

Drähten $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, auf welche die inducirende Wirkung erfolgt, die Form von Spiralen zu geben, von denen die letzteren auf die ersteren isolirend aufgeschoben werden, während in die ersteren hinein die zu magnetisirenden Eisenstangen gelegt werden. Fig. 3 Taf. II stellt den nach diesem Princip construirten Differential-Inductor dar, welcher von Hrn. Kleiner mit gewohnter Sorgfalt ausgeführt wurde.

1) Differential-Inductor für Reibungselektricität.

Auf zwei starke cylindrische Glasröhren von 1 Fufs Länge und 1 Zoll Weite sind zwei Spiralen von Kupferdraht in gleichem Sinne gewickelt und ganz in Schellack eingelassen, welches auswendig mit Papier überzogen ist. Jede der Spiralen bildet bei 32 Fufs Drahtlänge 80 Windungen. Von den Drahtklemmen, in welche diese Spiralen enden, wird *a* mit der inneren, *d* mit der äufseren Belegung der isolirten Batterie verbunden, nachdem diese vermittelst einer selbstentladenden Flasche eine constante Ladung erhalten hat. Da die Klemmen *b* und *c* durch einen Querdraht verbunden sind, so bilden die beiden Spiralen *ab* und *cd* zusammen den Schliefsungsdraht der Batterie. Die darauf zu schiebenden, in gleichem Sinne als die inneren gewickelten Inductionsspiralen sind auf Röhren von Pappe in Schellack eingelassen, und haben bei 80 Windungen jede eine Drahtlänge von 45 Fufs. Die Dicke des Drahtes dieser Spiralen ist dieselbe als die des Drahtes der Schliefsungsspiralen, nämlich eine halbe Linie. Die beiden Enden jeder Nebenspirale befinden sich auf derselben Seite (der Vorderseite der Figur), es läuft daher das umgebogene längere Ende jeder Spirale (β, γ) in einer Glasröhre neben der äufseren Papierbekleidung hin, und ist daran durch zwei seidene Bänder vermittelst darunter gelegter Korkstückchen befestigt. Von den vier Enden dieser Spiralen sind zwei α und γ durch einen Quer-

draht verbunden, während die andern, β und δ, entweder, wie es die Figur zeigt, in Handhaben enden, oder durch eine, eine unmagnetische Stahlnadel enthaltende Spirale, durch ein Galvanometer, einen Elektromagneten, einen Zersetzungsapparat, ein elektrisches Luftthermometer oder ein Breguet'sches Metallthermometer, ein isolirtes Froschpräparat, einen Condensator oder eine Spitzenvorrichtung mit isolirter Zwischenscheibe von Harz zur Darstellung von Harzfiguren verbunden sind. Jede Schliefsungsspirale, *ab* und *cd*, liegt mit ihrer einhüllenden Nebenspirale, $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, auf zwei gut mit Schellack überzogenen Glasfüfsen von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, welche in einer Höhe von $8\frac{1}{2}$ Zoll sich gabelförmig öffnen in zwei Glasstangen, die bei einer Länge von 3 Zoll oben $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander abstehen, und an den lothrechten Stangen durch Messinghülsen festgekittet sind. In die inneren Glasröhren werden die zu vergleichenden metallenen Cylinder und Drahtbündel hineingelegt, wie es die Figur zeigt, in welcher die Spirale *cd* einen massiven Cylinder, die Spirale *ab* ein in eine Metallhülle eingeschlossenes Drahtbündel enthält. Im Folgenden werden die inneren Spiralen »Schliefsungsdraht,« die äufseren Inductionsspiralen »Nebendraht« genannt werden.

Obgleich der hier beschriebene Apparat eben so für galvanische und Thermo-Elektricität als für Reibungs-Elektricität benutzt werden kann, so ist es für galvanische Ströme, wenn man starke Wirkungen verlangt, doch vorzuziehen, dem Schliefsungsdraht gröfsere Dicke, dem Nebendraht hingegen mehr Windungen zu geben, wobei es nicht nöthig ist auf die Isolation eine so grofse Sorgfalt zu verwenden, als bei Reibungselektricität erfordert wird. Der für jene Elektricitätsquellen von mir früher (diese Annal. Bd. XXXXIX S. 77) angewendete Apparat unterscheidet sich daher nur in dieser Beziehung von dem hier abgebildeten. Die inneren Spiralen von 29 Windungen jede, aus $2\frac{1}{2}$ Lin. dickem überfirnifsten Ku-

pferdraht, sind bei jenem nämlich in die Züge zweier gleichgeschnittenen Holzschrauben gewickelt, welche, inwendig ausgebohrt, Röhren von einem Zoll Weite bilden. Jede der eingeschobenen, auf Holzröhren gewickelten Nebenspiralen von $\frac{1}{2}$ Linie dickem, mit Seide übersponnenem Kupferdraht, hat 400 Fufs Länge.

Die in die Spiralen gelegten Metallstangen waren theils Cylinder, theils prismatische Stangen von quadratischem Querschnitt. Die Cylinder hatten gleiche Dimensionen, nämlich 11 Zoll 7 Linien Länge und 11$\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser. Es waren deren dreizehn, nämlich von Messing, Zinn, Zink, Blei, gehärtetem Stahl, grauem Roheisen aus dem Tiegelofen, grauem Roheisen aus dem Cupolo-Ofen mit warmem und mit kaltem Wind, weifsem Roheisen aus dem Cupolo-Ofen mit kaltem Wind geblasen, weifsem Roheisen Tiegelgufs, und zwei Cylinder von sehr weichem Schmiede-Eisen, aufserdem der Länge nach aufgeschnittene und unaufgeschnittene Flintenläufe, eine aufgeschnittene und eine unaufgeschnittene Messingröhre, eine Röhre von Blei, Zinn, Neusilber, Nikkel, von vernietetem und der Länge nach aufgeschnittenem Eisenblech, sämmtlich von denselben Dimensionen, als die Cylinder. Die Drähte der Bündel hatten dieselbe Länge, als die Röhren. Es waren deren vier Sorten von weichem Eisen, von 0,70, 1,02, 1,46, 2,67 Linien Durchmesser, die erste Sorte mit Schellack gut überfirnifst. Auch wurden Bündel von weichem Stahldraht von 0,57, von hartem Stahldraht von 0,87 und von überfirnifstem Messingdraht von 0,70 Linien Durchmesser gebildet, aufserdem Cylinder construirt von feinen eisernen Bohrspähnen in Glasröhren eingeschlossen, und Cylinder von Scheiben aus Stahlblech, verzinntem Eisenblech, und Eisenplatten, die einzelnen Scheiben von einander durch Papierscheiben isolirt, endlich ein Cylinder von verzinnten Eisenblechscheiben mit zwischengelegten Silbermünzen. Der Durchmesser dieser, aus einigen hun-

dert Lagen bestehenden Scheibensäulen betrug 9 Linien. Die prismatischen Stangen waren von Nickel, Antimon, Wismuth, Zink, Blei, Kupfer, Eisen, Messing, 18 Zoll lang und von 5 Linien Seite. Gold, Silber, Platin und Iridium wurden in zusammengelegten Streifen angewendet. Die Ergebnisse der Versuche waren folgende:

Entladet man die Batterie durch die inneren Spiralen, so erhält man von den gleichartig verbundenen Nebenspiralen den Schlag des mit dem primären Strome gleichgerichteten inducirten Stromes, welchen Henry und Riefs unabhängig von einander nachgewiesen haben. Diese Erschütterung wird verändert, wenn in die vorher leeren Röhren metallische Substanzen gelegt werden. Ob eine solche Veränderung eine Verstärkung oder Schwächung sey, läfst sich bei geringen Unterschieden oft schwer beurtheilen, und es bedarf daher anderer Prüfungsmittel, um darüber sicher zu entscheiden. Bei kreuzweiser Verbindung der Nebenspiralen findet für alle hier anwendbaren Prüfungsmittel Stromgleichgewicht statt, welches durch Einführung eines Metalls in eine der compensirten Spiralen sogleich aufgehoben wird. Der dann hervortretende Strom wirkt aber nicht ablenkend auf die Galvanometernadel, da auch bei der sorgfältigsten Isolirung der Windungen von einander durch Ueberfirnissen des mit Seide besponnenen, auf einen Glasrahmen gewickelten Drahtes Funken zwischen den Windungen überspringen, er giebt, auf Jodkalium geprüft, keine chemische Zersetzung, und magnetisirt weiches Eisen nicht. Es blieb also zur Prüfung der Richtung des Stromes nur das von Hrn. Riefs angegebene Verfahren mittelst Harzfiguren und mittelst des Condensators übrig [1]), und eine physiologische Prüfung, auf welche ich im Verlaufe der Versuche geführt wurde. Das Ergebnifs war Folgendes:

1) Diese und einige andere der folgenden Versuche habe ich in Gemeinschaft mit Hrn. Riefs angestellt, der mir dabei die Benutzung seines Apparates auf das Zuvorkommenste gestattete.

2) Physiologische und elektroskopische Wirkungen des inducirten Stroms.

1) Die physiologische Wirkung des durch den Schliefsungsdraht der Batterie im Nebendraht inducirten Stromes wird geschwächt durch alle unmagnetischen Metalle, und zwar desto stärker, je besser leitend das Metall ist. Diese Schwächung ist daher bei Antimon, Wismuth und Blei viel unbedeutender, als bei Kupfer und Messing. Bei vorher compensirten Spiralen erhält man daher eine desto stärkere Erschütterung, je besser leitend das in eine derselben hineingelegte Metall ist. Der am Condensator und durch Harzfiguren geprüfte Strom geht dabei von der leeren Spirale aus, die hervortretende Erschütterung ist also eine Folge des schwächenden Einflusses des eingeführten Metalls auf die Spirale, in der es liegt.

2) Legt man in eine der Schliefsungsspiralen, statt eines massiven metallischen Cylinders oder einer metallischen Röhre, eine auf eine Papprröhre gewickelte Spirale von mit Seide übersponnenem Kupferdraht, so bleibt das Stromgleichgewicht in den Nebenspiralen bestehen, wenn ihre Enden unverbunden sind, wird hingegen aufgehoben bei verbundenen Enden. Eine aus einem einmal zusammengelegten Drahte gewickelte Spirale, welche aus zwei gleichen, widersinnig verbundenen Spiralen bestehend angesehen werden kann, hebt auch bei verbundenen Enden das Stromgleichgewicht in den Nebenspiralen nicht auf. Die Wirksamkeit der ersten Spirale entsteht also durch einen in derselben erzeugten elektrischen Strom, die Wirkungslosigkeit der zweiten dadurch, dafs zwei gleiche elektrische Ströme ihren hemmenden Einflufs gegenseitig neutralisiren.

3) Solche elektrische Ströme müssen auch in massiven Cylindern und in geschlossenen Röhren entstehen; denn die Wirksamkeit der ersteren vermindert sich durch Trennen im Sinne der Längenrichtung, d. h. durch Ver-

wandeln des messingenen Cylinders in ein Bündel gut isolirter Messingdrähte, die Wirksamkeit der letzteren wird eben so geschwächt durch einen Längenschnitt. Bündel von Messingdrähten wirken schwächer hemmend als eine geschlossene Röhre von viel geringerer Masse bei gleichem äufseren Umfang der Röhren und des Bündels. Ein einfaches Prüfungsmittel, ob ein in eine der Röhren gelegter Metallstab das physiologisch ermittelte Stromgleichgewicht der Nebenspirale dadurch aufhebt, dafs er die Wirkung seiner Spirale schwächt, ist daher das Hineinlegen von Messingdrähten in die andere leere Röhre, von denen eine gewisse Anzahl zuletzt das gestörte Stromgleichgewicht wieder herstellen mufs.

4) Schmiede-Eisen, weicher und harter Stahl, weifses und graues Roheisen in Form massiver Cylinder und prismatischer Stangen, ferner in Form geschlossener Röhren, als Flintenläufe und vernietete Blechröhren, schwächt ebenfalls die physiologische Wirkung des inducirten Stromes. Dasselbe gilt von Cylindern aus Scheiben von Stahl, Schmiede-Eisen und verzinntem Eisenblech, sowohl mit isolirenden als mit leitenden Zwischenscheiben. Der am Condensator und durch Harzfiguren für Schmiede-Eisen und Stahl geprüfte Strom ging von der leeren Spirale aus. Der schwächende Einflufs der verschiedenen Sorten von Schmiede-Eisen, Stahl und Roheisen ist aber verschieden; denn bei zwei einander entgegenwirkenden Cylindern in den compensirten Spiralen erhält man an einem isolirten Froschpräparat stets Zukkungen.

5) Die physiologische Wirkung wird hingegen verstärkt durch der Länge nach aufgeschnittene Flintenläufe, durch Cylinder von Bohrspähnen, und besonders durch gut isolirte Drahtbündel von Eisen. Ein in den Handgelenken fühlbarer Schlag der gleichartig verbundenen Nebenspiralen ging bei Einführung eines solchen Drahtbündels bis in die Hälfte des Oberarms. Der am

Condensator und durch Harzfiguren geprüfte Strom ging bei compensirten Spiralen von der Spirale aus, in welcher das Drahtbündel lag.

6) Ein von einer geschlossenen Messingröhre umgebenes Bündel isolirter Eisendrähte verhält sich hingegen wie ein massiver Eisencylinder, d. h. es schwächt den Schlag seiner Spirale und giebt einen von der leeren Spirale ausgehenden Strom. Dasselbe gilt, wenn es von einer stets in demselben Sinne gewickelten Spirale von Kupferdraht mit verbundenen Enden umgeben ist. Auch zeigt es eine freilich sehr geringe schwächende Wirkung, wenn diese Spirale schlecht leitend, nämlich von Neusilber ist, und es wäre nicht unmöglich, dafs bei einer gröfseren Drahtmenge im Innern derselben die Wirkung umgekehrt ausfiele. Eine aus einem zusammengelegten Drahte gewickelte Spirale mit verbundenen Enden hat auch hier keinen Einflufs; denn ein Drahtbündel in eine solche eingehüllt, hält einem frei liegenden Drahtbündel in der andern Röhre genau das Gleichgewicht.

7) Eine massive Nickelstange giebt bei compensirten Spiralen eine kaum merkbare physiologische Wirkung. Der von ihr erzeugte Strom geht hingegen von der Spirale aus, in welcher sie liegt. Massiver Nickel verstärkt also die inducirende Wirkung, während massives Eisen sie schwächt. Auch hat die vorher vorhandene magnetische Polarität des Nickels darauf keinen Einflufs; denn die Richtung bleibt dieselbe, wenn man der Nickelstange in ihrer Spirale die umgekehrte Lage giebt. Bei überfirnifsten Nickeldrähten ist daher eine bedeutendere Vestärkung zu erwarten.

8) Alle hier gefundenen Ergebnisse sind unabhängig von der relativen Lage der Schliefsungsspirale, der Nebenspirale und des Cylinders zu einander; denn sie wurden in gleicher Weise erhalten, wenn die Batterie

durch die äufseren Spiralen entladen, die Induction hingegen an den inneren Spiralen geprüft wurde.

9) Ob eine in einer der Röhren liegende Stange verstärke, kann dadurch geprüft werden, dafs man durch Eisendrähte in der andern Röhre zuletzt das Gleichgewicht wieder herstellt. Zu solchen Prüfungen mufs man aber dünne Drähte wählen; denn da ein einzelner Draht als Cylinder betrachtet werden kann, welcher demnach besonders bei einer gewissen Dicke schwächt, so wird es für eine gegebene Dicke der Drähte eine Anzahl geben, welche unwirksam ist. Eine solche unwirksame Verbindung von Drähten wurde bei der stärksten Sorte für eine bestimmte Batterieladung wirklich nahe erhalten. Diese Anzahl mufs, wenn Drähte zur Prüfung der Verstärkung einer andern Substanz gewählt werden, daher stets überschritten seyn, ist also durch einen vorläufigen Versuch zu bestimmen.

Um die Unterschiede zwischen den bisher erhaltenen Resultaten, bei welchen das Magnetisiren durch die Entladung einer Batterie geschieht, und denen, welche bei dem Magnetisiren durch eine galvanische Kette oder Thermosäule eintreten, schärfer hervortreten zu lassen, mögen aus der im October 1839 (Bericht, S. 163 und Poggend. Ann. Bd. XXXXIX S. 72) der Academie vorgelegten ausführlichen Arbeit die hierher gehörigen Ergebnisse angeführt werden.

10) Die am Galvanometer bestimmte Richtung des bei dem Oeffnen der Kette inducirten Stromes geht bei vorher einander compensirenden Nebenspiralen stets von der aus, in welcher eine Eisenmasse beliebiger Form sich befindet, d. h. Drahtbündel, freiliegend, in geschlossenen und in ungeschlossenen Röhren geben der Richtung nach denselben Strom als massive Cylinder von Schmiede-Eisen, weichem und hartem Stahl, weifsem und grauem Gufseisen und Nickel. Auch hat die Trennung des Cylinders in Drähte auf die am Galvanometer bestimmte

Stärke dieses Stroms einen unerheblichen Einflufs. (Cylinder von magnetischen Metallen zeigen sich unwirksam.) Die am Galvanometer erhaltenen Resultate gehen parallel dem Magnetisiren von weichem Eisen durch den inducirten Strom.

11) Der physiologische Effect des Schliefsungsdrahtes der Kette auf den Nebendraht wird verstärkt durch alle eingeführte Eisensorten, aber die mechanische Trennung der Masse in Drahtbündel steigert ihn aufserordentlich, so dafs von zwei am Galvanometer einander das Gleichgewicht haltenden Strömen, von denen der eine durch einen massiven Eisencylinder, der andere durch ein freiliegendes Drahtbündel inducirt wird, eine heftige Erschütterung, vom Drahtbündel ausgehend, erhalten wird, während bei physiologischem Gleichgewicht der durch das Galvanometer angezeigte Strom vom massiven Cylinder ausgeht. Das Einschliefsen des vorher freiliegenden Drahtbündels in eine geschlossene Röhre nähert die Wirkung desselben dem eines Eisencylinders, d. h. es schwächt seine physiologische Wirkung ausnehmend, ohne auf seine galvanometrische Wirkung wesentlichen Einflufs zu haben. Geschlossene, das Drahtbündel einhüllende Drahtspiralen mit verbundenen Enden zeigen denselben Effect als metallische Hüllen, und zwar desto stärker, je leitender die Substanz derselben ist. Daher wirken geschlossene Drahtspiralen von Neusilber schwächer als von Kupfer. Widersinnig verbundene, aus zwei Theilen zusammengesetzte Spiralen und solche, welche halb rechts, halb links gewickelt sind, zeigen sich mit verbundenen Enden eben so unwirksam als einfach gewickelte mit unverbundenen Enden. Cylinder von nichtmagnetischen Substanzen schwächen die physiologische Wirkung ihrer Spirale.

Aus diesen und andern in der Abhandlung mitgetheilten Erscheinungen geht hervor, dafs die metallische Hülle, welche das Drahtbündel einschliefst, eben so das

Verbinden derselben zu einer ununterbrochenen Masse den inducirten Strom verzögert [1]).

12) Wirkt daher bei Induction durch galvanisches und thermo-elektrisches Magnetisiren ein Drahtbündel in der einen der compensirten Nebenspiralen einem massiven Eisencylinder in der andern Spirale entgegen, so erhält man den Unterschied zweier Wirkungen, bei Magnetisiren durch Reibungselektricität hingegen die Summe. Im ersteren Falle kann man daher die Wirkung eines eisernen Cylinders durch Eisendrähte neutralisiren, im letzteren durch Messingdrähte.

3) Magnetisiren des Stahls durch den inducirten Strom.

Um Anomalien zu vermeiden, wurden dazu starke Nadeln gewählt, dabei blieb die Drahtlänge stets unverändert, auch wurde der Batterie vermittelst der selbstentladenden Flasche stets eine constante Ladung ertheilt.

13) Hebt man bei compensirten Spiralen das Stromgleichgewicht durch Einschalten einer leitenden Substanz in die eine der Spiralen auf, so zeigt die Polarität einer durch den überwiegenden Strom magnetisirten Stahlnadel an, dafs der Strom von der leeren Spirale ausgeht, wenn die eingeführte Substanz ein Blech von Iridium, Platin, Gold, Silber ist, oder eine Stange von Kupfer, Messing, Zinn, Zink, Blei, oder eine Legirung von 1 Kupfer und 1 Wismuth, von 3 Kupfer und 1 Wismuth, von 3 Kupfer und 1 Antimon, 1 Zink und 1 Wismuth, von Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Antimon, von Blei und Eisen, von Messing und Eisen, von Glockenmetall, endlich der Quere nach zusammengeschmolzene Streifen von Kupfer und Antimon, Glockengut und Antimon, Antimon

1) Zu ganz ähnlichen Schlüssen ist später Hr. Henry in Nordamerika in seiner zweiten Abhandlung gelangt. Der schnelle Strom wird bei ihm nicht durch ein Drahtbündel, sondern durch eine flache Bandspirale erzeugt, der verzögernde Schirm hat daher bei ihm nicht die Form einer cylindrischen Hülle, sondern die einer ebenen Scheibe.

und Wismuth. Das Stromgewicht blieb bestehen, wenn diese Stange von Antimon oder Wismuth war oder eine Legirung von 1 Wismuth und 1 Antimon, oder von 3 Wismuth und 1 Antimon. Hingegen zeigte die Polarität einen von der gefüllten Spirale ausgehenden Strom, wenn die eingeführte Substanz ein freiliegendes eisernes Drahtbündel war (bei starken Entladungen auch, wenn diefs Drahtbündel in einer geschlossenen Röhre), oder eine Säule aus Scheiben von Stahl, Eisen oder Weifsblech, ein massiver Cylinder von Schmiede-Eisen, weichem oder hartem Stahl, weifsem und grauem Roheisen, endlich auch eine Stange und Röhre von Nickel. Eine Trennung der Eisenmassen in Drähte steigert den magnetisirenden Effect aufserordentlich; denn Drahtbündel, einem Cylinder von Schmiede-Eisen, Stahl und Roheisen in der andern Spirale entgegenwirkend, überwiegen auch dann, wenn die Masse derselben ein bedeutendes Vielfaches ihrer Masse ist. Sind hingegen kräftig überwiegende Drahtbündel in eine geschlossene Messingröhre eingeschlossen, so werden sie in ihrer magnetisirenden Wirkung von demselben massiven Cylinder überboten. In Beziehung auf das Magnetisiren der Stahlnadeln sind also die Erscheinungen ganz dieselben, das Magnetisiren mag durch galvanische oder Reibungselektricität hervorgebracht werden, und es findet hier nicht der Unterschied statt, welcher in Beziehung auf die physiologischen Effecte sich zeigt, d. h. Eisen in jeder beliebigen Form verstärkt die Stahl magnetisirende Wirkung des von dem Schliefsungsdraht im Nebendraht inducirten Stroms.

4) Thermische Wirkung des inducirten Stromes.

Die Erwärmung durch den inducirten Strom ist unabhängig von der Richtung desselben. Ihre Messung geschah daher an einem einzigen Spiralenpaare, welches leer angewendet wurde und in welches dann die zu prüfenden Substanzen gelegt wurden. Eine Steigerung der

Er-

Erwärmung läfst dabei unmittelbar auf eine Verstärkung, eine Verminderung derselben auf eine Schwächung durch die eingeführte Substanz schliefsen. Zur Messung der Temperatur wurde dabei sowohl ein elektrisches Luftthermometer als ein Breguet'sches Metallthermometer angewendet.

14) Beim Magnetisiren durch Reibungselektricität schwächen sowohl eiserne Drahtbündel als eiserne Stäbe und Nickel den thermisch gemessenen Effect des von dem Schliefsungsdrahte im Nebendraht inducirten Stroms, und verhalten sich also wie unmagnetische Metalle, von denen Hr. Riefs diefs bereits erwiesen hatte. Ist hingegen der primäre magnetisirende Strom ein galvanischer, so verstärken Eisenmassen und Bündel von Drähten den thermischen Effect des inducirten Stroms.

15) Fafst man also die für die verschiedenen Prüfungsmittel erhaltenen Resultate zusammen, so erhält man folgendes Ergebnifs für die durch Reibungselektricität bedingten Erscheinungen: Legt man in zwei einander compensirende Spiralen eine massive Eisenstange, so erhält man keine Wirkung am Galvanometer, keine chemische Zersetzung und kein Magnetisiren von weichem Eisen; der durch das Magnetisiren einer Stahlnadel bestimmte Strom ist dabei seiner Richtung nach entgegengesetzt dem Strom, welchen die physiologische Wirkung, der Condensator, die Harzfiguren andeuten, d. h. die Einführung einer Eisenmasse schwächt den physiologischen, elektroskopischen und thermischen Effect dieser Spirale, verstärkt hingegen ihre Eigenschaft Stahl zu magnetisiren. Geschieht hingegen das Magnetisiren des Eisens auf galvanischem Wege, so werden die physiologischen, thermischen, galvanometrischen Wirkungen, und die, weiches Eisen und Stahl zu magnetisiren, gesteigert.

Bei Einführung eines Drahtbündels steigern sich hingegen für Reibungselektricität die physiologischen, elektroskopischen und magnetisirenden Wirkungen der Spi-

rale, und nur ihre thermischen werden geschwächt, d. h. alle Prüfungsmittel geben bei compensirten Spiralen einen gleichgerichteten Strom, der aber, wenn seine Richtung auf thermischem Wege sich bestimmen liefse, entgegengesetzt ausfallen würde. Bei galvanischem Magnetisiren zeigen die Prüfungsmittel der Richtung des Stroms und auch der thermische Effect eine verstärkte Wirkung durch Einführung des Drahtbündels an.

5) Induction des Schliefsungsdrahtes auf sich selbst.

16) Bezeichnet *mn* (Fig. 4 Taf. II) den Schliefsungsdraht der Kleist'schen Flasche und *ab* den spiralförmig gekrümmten Theil desselben, *chhd* eine Nebenschliefsung, die bei den Handhaben *hh* durch den Körper vollzogen wird, so erhält man im Moment, wo der Funken bei *n* überspringt, eine Erschütterung, nicht aber, wenn die Nebenschliefsung wie in Fig. 5 Taf. II angebracht ist, auch wenn die zwischen *h* und *h* enthaltene Drahtlänge in beiden Fällen genau dieselbe ist [1]). Im ersteren Falle ist der spiralförmige Theil des Schliefsungsdrahtes durch den *h* und *h* verbindenden Körper geschlossen, im letzteren aber nicht. Rührte die Erschütterung von einer Theilung des Stromes her, so müfste sie in beiden Fällen eintreten. Da diefs nicht der Fall ist, so ist sie die Wirkung einer wahrhaften Induction. Die Verstärkung des Schlages durch ein Drahtbündel ist sehr deutlich. Es wurde nun ein Cylinder von Nickel, 4 Zoll lang und $1\frac{1}{4}$ Zoll dick, eingeführt, ohne dafs bestimmt werden konnte, in welchem Sinne die Veränderung sey, da sie bei der Stärke des Schlages unbedeutend war. Bei Einführung eines massiven Eisencylinders wird hingegen die Erschütterung sehr merklich geschwächt, eben so durch einen Cylinder unmagnetischen Metalles. Eine geschlossene, den spiralförmigen Theil des Schliefsungsdrahtes

1) Bericht der Acad. Jul. 1841, S. 252.

umhüllende Nebenspirale schwächt den Schlag des Schließungsdrahtes bedeutend, sehr wenig aber, wenn sie aus zwei widersinnig verbundenen Theilen besteht. Die thermische Prüfung zeigt bei Einführung des Eisens in beliebiger Form eine Schwächung, die an der Magnetnadel hingegen eine Verstärkung. Die hier betrachtete Induction ist also vollkommen identisch mit der in getrennten Drähten. (13. 14.)

6) Ergebnisse gegen die Ampèresche Theorie.

Die Gesammtheit der hier betrachteten Erscheinungen zeigt, dafs der Unterschied zwischen der inducirenden Wirkung einer Eisenmasse und eines Drahtbündels nicht durch die Annahme erklärt werden kann, dafs die elektrischen Ströme, welche den Magnetismus im Eisen erzeugen, anders beschaffen sind als die, welche während der Dauer des primären Stroms diesen Magnetismus erhalten. Denn diese Annahme führt wohl zu einer Schwächung, aber nie zu einer Umkehrung der Erscheinung, höchstens zu einer Wirkungslosigkeit, selbst unter der äufsersten Voraussetzung, dafs man sich die entstehenden Ströme anfangs parallel der Oberfläche des Eisens, später normal auf derselben denke. Auch erläutert sie nicht, dafs eine inducirende Wirkung geschwächt werde, die andere verstärkt. Man mufs vielmehr einen Schritt weiter gehen, und die magnetische Polarisirung als ein von den im Eisen erregten elektrischen Strömen nicht nur unabhängiges, sondern entgegengesetzt wirkendes Agens anerkennen. Die Erklärung der hier betrachteten Phänomene wird dann folgende:

Der in einem das Eisen spiralförmig umgebenden Drahte wirksame elektrische primäre Strom erzeugt in dem Momente, wo er ensteht, in dem Eisen elektrische Ströme, während seiner Dauer magnetische Polarität, die sich langsamer steigert als jener Strom, im Moment seines Aufhörens wieder einen elektrischen Strom. Der

bei dem Aufhören des primären Stroms erzeugte zweite elektrische mit dem primären gleichgerichtete Strom wirkt dem durch den verschwindenden Magnetismus erzeugten entgegen. Hatte, wie es bei galvanischem Magnetisiren der Fall ist, der Magnetismus während der längeren Dauer des Stromes Zeit sich zu entwickeln, so überwiegt die Wirkung desselben die entgegengesetzte des bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugten elektrischen. Alle gegen die Bildung elektrischer Ströme angewendeten Mittel steigern daher nur eine von massivem Eisen bereits auch ausgeübte Wirkung. Ist hingegen der primäre Strom so schnell vorübergehend, wie der einer sich entladenden elektrischen Batterie, hatte also der Magnetismus nicht Zeit sich vollständig zu entwickeln, so überwiegt der bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugte elektrische die Wirkung des verschwindenden Magnetismus. Das Zerstören dieser elektrischen Ströme durch Auflösen der Masse in Drähte, oder die Hemmung ihrer Bildung in einer schlecht leitenden Masse, wie bei dem Nickel, kehrt daher hier die Wirkung vollständig um, indem es den Ausschlag auf Seiten des verschwinden Magnetismus bringt. Die Gleichgewichtsgränze beider ist aber für die thermischen, physiologischen und magnetisirenden Wirkungen nicht dieselbe, weil nämlich die Abhängigkeit derselben von der Intensität des verschwindenden Magnetismus eine andere seyn wird, als ihre Veränderung durch den entgegenwirkenden elektrischen Strom; für die magnetisirenden Wirkungen waltet daher noch die Wirkung des verschwindenden Magnetismus vor, wenn für die thermischen der erzeugte elektrische Strom hingegen überwiegt, und die physiologischen Erscheinungen auf beide Seiten dieser Gränze fallen.

Bei einem Elektro-Magnet wirkt das Innere physiologisch inducirend nach Aufsen durch die leitende Hülle hindurch, welche diese Wirkung hemmen, ja vollkommen vernichten kann, und es bei der thermischen Wir-

kung hier auch thut, was aber bei galvanischem Magneti siren nicht der Fall ist. Ein elektro-magnetisirtes Drahtbündel ist die annähernde Realisation eines Ampèreschen Solenoids. Dieses repräsentirt aber nicht einen Magneten; denn ihm fehlt die leitende Hülle, ohne welche das Drahtbündel sich eben nicht wie ein Magnet verhält. Das Wegfallen dieser Hülle kann aber im Sinne der Ampèreschen Theorie die Wirkung des Drahtbündels nicht umkehren, da die Elementarströme immer ihre convexen Seiten nach Aufsen kehren, die Anzahl derselben mag eine begränzte oder unbegränzte seyn.

II. *Ueber den Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Metalle*; *von H. W. Dove.*

Wenn man die Naturkörper in Beziehung auf irgend ein physikalisches Agens eintheilt, so findet man bald, dafs die zunächst sich darbietende Vorstellung eines Gegensatzes, in welchen die Körper in Beziehung auf dasselbe zerfallen, aufgegeben werden mufs; denn die Wirkung, welche energisch in gewissen Körpern hervortritt, in andern vollkommen zu fehlen scheint, stuft sich in der Reihenfolge derselben so allmälig ab, dafs der Uebergang unmerklich wird. Nur von den magnetischen zu den unmagnetischen Metallen ist dieser Uebergang so plötzlich, dafs, während über den Magnetismus jener alle Naturforscher einig sind, die Magnetisirbarkeit der letztern eben so oft behauptet, als ihr widersprochen worden ist.

Das Verfahren, welches man seit Brugmans stets angewendet hat, um den Magnetismus anderer Substanzen als des Eisens und Nickels zu erweisen, bestand entweder darin, dafs man leicht bewegliche Substanzen durch

kräftige Magnete, oder umgekehrt leicht bewegliche Magnete durch jene Substanzen zu richten und zu bewegen suchte. Der doppelte Magnetismus von Haüy und die seit Lebaillif's Sideroskop häufig wiederholte Anwendung astatischer Doppelnadeln gehört zu der zweiten Art, während die erste Methode sich bei verschiedenen Naturforschern nur in der Weise unterscheidet, wie die Körper beweglich gemacht wurden, entweder nämlich durch Schwimmen auf Wasser und Quecksilber vermittelst Korkstückchen, oder durch Aufhängen an Fäden von höchst geringer Torsion.

Der von mir eingeschlagene Weg ist hingegen ein anderer. Ich habe die Magnetisirbarkeit der verschiedenen Metalle durch die elektrischen Ströme geprüft, welche von ihnen, bei dem Verschwinden des in ihnen erregten Magnetismus, in einen sie spiralförmig umgebenden Leitungsdraht inducirt werden. In wiefern sich die auf diesem Wege erhaltenen Resultate an die früheren Beobachtungen anderer Naturforscher anschliefsen, wird am besten beurtheilt werden können, wenn die Ergebnisse derselben hier kurz angedeutet werden.

Nach Brugmans [1]) besitzt Blei, Zinn, Antimon, Gold und Silber keine magnetische Kraft, hingegen wird auf Wasser oder Quecksilber schwimmendes Kupfer schwach angezogen, stärker Zink, eben so Wismuth von weifser, glänzender Silberfarbe, während hingegen das dunkle und fast violett gefärbte Wismuth von beiden Polen des Magnets zurückgestofsen wird. Kobalt äufsert eine sehr schwache Verwandtschaft und dem Arsenik fehlt sie gänzlich; hingegen können im Messing Pole und ein Indifferenzpunkt hervorgebracht werden. Lehmann [2]) suchte ausführlich zu zeigen, dafs der Magnetismus des Messings

1) *Magnetismus seu de affinitatibus magneticis observationes academicae* 1778. 4.

2) *De cupro et orichalco magnetico. Nov. Com. Petr.* 12 *p.* 368.

beigemengtem Eisen zuzuschreiben sey, während hingegen Cavallo [1]) in Folge eigner Versuche zu der entgegengesetzten Ansicht gelangte. Brugmans sieht Anziehung durch den Magnet als Beweis für beigemengtes Eisen an.

Coulomb [2]) liefs Nadeln von Gold, Silber, Blei, Kupfer, Zinn 7 Millim. lang und 40 Milligrm. schwer zwischen den entgegengesetzten Polen kräftiger Magnete schwingen, und fand die zu vier Schwingungen erforderliche Zeit 22″, 20″, 18″, 22″, 19″, während jede derselben aufserhalb des Wirkungskreises jener Stäbe 44″ brauchte, um vier Schwingungen zu vollenden. Bei der Wiederholung der Coulomb'schen Versuche in der *Royal Institution* erhielt Thomas Young weniger bestimmte Resultate als Coulomb. Coulomb selbst zeigte durch künstliche Combinationen von Eisenfeilen und Wachs, wie wenig Eisen erforderlich sey, um ähnliche Wirkungen hervorzubringen. Biot meint [3]), die Alternative, ob diese Erscheinungen durch wirklichen Magnetismus der Metalle oder durch beigemengtes Eisen hervorgebracht wären, sey nicht nothwendig, da sie auch Folgen einer andern Kraft seyn könnten. Aehnlich drückt sich Lamé [4]) in Beziehung auf die Versuche von Coulomb, Becquerel und Lebaillif aus.

Lebaillif [5]) bemerkte an seinem Sideroskop Anziehung durch Platin, Eisen, Nickel und Kobalt, hingegen Repulsion durch Wismuth und Antimon. Saigey [6]) erklärt, in Folge einer weitläufigen Versuchsreihe, diese

1) *Treatise on magnetism*, 1787, *p.* 283.

2) *Journal de physique*, *LIV*. *p.* 367 und 454. 1802.

3) *Précis élémentaire de physique*, *sec. ed. II p.* 78.

4) *Cours de physique*, *II. p.* 149.

5) *Bulletin universel*, *VIII. p.* 87.

6) *Ibid. IX. p.* 95.

Repulsion als allgemeine Eigenschaft aller in der Luft aufgehängten Körper, wahrgenommene Anziehungen hindurch Anwesenheit von Eisen.

Ampère und De la Rive untersuchten die Wirkungen eines kräftigen Magneten auf eine Kupferscheibe, die in einem von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahte beweglich aufgehängt war.

Dieses elektromagnetisirte Kupfer soll sich, nach einer mir unvollständig bekannt gewordenen Notiz, analog dem elektromagnetisirten Eisen gegen die Pole eines kräftigen Magneten verhalten haben. Hingegen fand Becquerel [1]) keinen vollständigen Parallelismus der Erscheinungen zwischen einer Kupfer- und Eisennadel, wenn beide in die Windungen eines Multiplicators gehängt wurden. Seine Versuche kommen mit denen von Muncke [2]) überein, welcher an eisenhaltigem Messing nachwies, dafs es sich zwischen den gleichartigen Polen zweier Magnetstäbe mehr oder minder transversal stelle. Seebeck [3]) hat dieselbe Eigenschaft auch an andern als eisen- und nickelhaltigen Substanzen nachgewiesen. Bei diesen Versuchen zeigten folgende Metalle transversale magnetische Polarisation:

1) Drähte von Kupfer von $\frac{1}{2}$ bis 4 Linien Dicke;
2) Platin in Form von Stangen, Blechen und als Schwamm;
3) eine gegossene Stange von Speiskobalt, Arsenik und Nickel enthaltend;
4) ein Goldstreifen mit 1 Proc. Silber, Kupfer und Eisen, und 1 mit Antimon gereinigter;
5) regulinisches Arsenik, eisenhaltig;
6) Alliagen von 3 Kupfer und 1 Antimon, und 1 Kupfer und 1 Antimon;

1) *Annales de chim. et de phys. XXV. p.* 269.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. VI S. 361.

3) Abhandlnngen der Berl. Academie. 1827, S. 147.

7) Alliagen von 5 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 3 Wismuth. Hingegen zeigten sich indifferent:

Quecksilber, Wismuth, Antimon, Schwefelantimon, Blei, Zinn, Zink; Cadmium, reines Silber, reiner regulinischer Arsenik, eine Legirung von 4 Antimon und 1 Eisen, und eine von Kupfer und Nickel.

Anziehung von Kupfer auf astatische Nadeln ist häufig bei Construction von Multiplicatoren beobachtet worden. So fand vor mehreren Jahren Hr. Professor Nervander aus Helsingfors bei seiner Anwesenheit in Berlin unter sehr vielen geprüften Kupfersorten nur eine mir gehörige Stange von Japanischem Kupfer, welche auf die empfindliche Nadel seines Multiplicators nicht anziehend wirkte. Hingegen hat Faraday [1]) selbst Kobalt und Chrom, welche bisher für magnetisch galten, unmagnetisch gefunden, sobald sie von Eisen frei waren. Bei dem bedeutend schwächenden Einflufs der Temperatur auf die magnetische Intensität des Eisens und Nickels wäre es aber möglich, dafs bei niedriger Temperatur Metalle magnetisch würden, welche es bei gewöhnlicher nicht sind Doch zeigten sich selbst bei —60° bis —70° F. folgende Metalle, auf eine empfindliche astatische Doppelnadel geprüft, unmagnetisch:

Arsen, Antimon, Wismuth, Kadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Palladium, Platin, Silber, Zinn, Zink.

Dennoch behauptet Pouillet in der später als Faraday's Abhandlung erschienenen dritten Auflage seiner Physik, I. S. 381:

1) dafs Kobalt stets magnetisch bleibt, auch bei hellster Rothgluth;
2) dafs Chrom seinen Magnetismus etwas unter dunkler Rothglühhitze verliert;

1) *Lond. and Edinb. Phil. Mag.* 8. *p*. 177.

3) dafs Mangan bei —20° bis —25° C. magnetisch wird.

Aus den in der vorhergehenden Abhandlung mitgetheilten Versuchen über Induction durch Eisen, welches vermittelst Reibungselektricität magnetisirt wurde, hat sich ergeben:

1) ein elektrischer Strom, bedingt in neben ihm befindlichen Eisen, zwei einander entgegenwirkende Thätigkeiten, nämlich magnetische Polarität und elektrische Ströme;
2) durch Auflösen der Eisenmasse in isolirte Drähte wird die Bildung elektrischer Ströme gehemmt, und es treten daher die Wirkungen der magnetischen Polarität reiner hervor;
3) diese magnetische Polarität inducirt bei ihrem Verschwinden in einem Nebendraht einen elektrischen Strom, der sich stets durch Magnetisiren einer Stahlnadel nachweisen läfst. Die Polarität dieser Stahlnadel bleibt nämlich immer dieselbe, wenn ein magnetisirbares Metall in eine der vorher compensirten Spiralen des Differential-Inductors gelegt wird, aber sie ist schwächer, wenn das magnetisirbare Metall eine massive Stange oder Scheibensäule, als wenn es ein Bündel isolirter Drähte ist. Die Polarität dieser Nadel ist hingegen die umgekehrte, wenn das hineingelegte Metall ein unmagnetisches ist. In diesem Falle wird sie nämlich von einem von der leeren Spirale ausgehenden Strom bestimmt.

Bei den elektroskopischen und physiologischen Phänomenen des vom elektromagnetisirten Eisen und Nickel inducirten Stromes haben wir die auffallende Thatsache wahrgenommen, dafs der schwächer magnetische Nickel stärker wirkt als das stärker magnetische Eisen, weil in jenem schlechter leitenden Metall die verzögernden elektrischen Ströme sich nicht so gut bilden können, als in dem besser leitenden Eisen, d. h. in Beziehung

auf elektroskopische und physiologische Prüfung verhält sich das massive Eisen wie ein unmagnetisches Metall, während es für das Magnetisiren der Nähnadel noch als magnetisches wirkt. Löst man es aber in isolirte Drähte auf, d. h. verhindert man die Bildung verzögernder elektrischer Ströme, so wirkt es auch in dieser Beziehung als magnetisches Metall. Es liegt nun die Vermuthung nahe, dafs die sogenannten unmagnetischen Metalle sich in Beziehung auf die Eigenschaft des Stromes, Stahl zu magnetisiren, so verhalten wie Eisen für die elektroskopischen und physiologischen Eigenschaften desselben, d. h. dafs sie unmagnetisch scheinen, weil die mit dem Magnetisiren gleichzeitig erregten elektrischen Ströme die Wirkung der magnetischen Polarität verdecken, dafs sie es aber in der That nicht sind. Es kommt also, um die letztere hervortreten zu lassen, nur darauf an, die Bildung der elektrischen Ströme zu verhindern, d. h. sie ebenfalls in Drähte aufzulösen und dann die Richtung des inducirten Stromes durch Magnetisiren einer Stahlnadel zu prüfen. Geht der Strom von der mit dem Drahtbündel gefüllten Spirale aus, so ist das Metall ein magnetisches, geht er hingegen von der leeren aus, ein unmagnetisches.

Zu vorläufigen Versuchen wurde Messing gewählt. In Form eines Cylinders schwächte es den Strom seiner Spirale, denn der resultirende Strom ging von der leeren aus; bei einer bestimmten Dicke der Drähte blieb das Stromgleichgewicht bestehen; bei Anwendung eines Bündels dünner, gut gefirnifster Messingdrähte ging hingegen der Strom von der vollen Spirale aus. In dieser Form wurde also das vorher unmagnetische Messing magnetisch.

Diese Versuche wurden nun auf Antimon, Blei, Wismuth, Zinn, Zink und Quecksilber ausgedehnt.

Die Isolation bei dem Quecksilber war dadurch hervorgebracht, dafs es in oben und unten versiegelte Glas-

röhren eingeschlossen war, die Drähte der übrigen Metalle waren mit Schellack überzogen.

Das Kupfer war, nach der Analyse von Hrn. Heinrich Rose, eisenfrei, das Blei enthielt hingegen eine sehr schwache Spur von Eisen; Zinn Antimon und Wismuth hingegen mehr; das Zink war, nach der Untersuchung des Hrn. Dr. Marchand, chemisch rein. Die Versuche werden daher mit jenen Metallen wiederholt werden, sobald ich sie im Zustand der Reinheit erhalte.

Die Kupferdrähte hatten eine Dicke von 0,75, die Zinndrähte von 1,10, die Bleidrähte von 0,80, die Zinkdrähte von 0,60, die Messingdrähte von 0,75, die Antimonstäbe hatten einen Durchmesser von 2,80, die Wismuthstäbe von 2,80 Par. Linien, das Quecksilber war in Thermometerröhren gewöhnlicher Weite eingeschlossen.

Bei den Versuchen wurde stets ein und dieselbe Art starker Nähnadeln (sogenannte Stopfnadeln) angewendet, und die Batterie durch eine selbstentladende Flasche auf eine gleiche Ladung gebracht. Zeigte sich die Compensation der Spiralen nicht vollständig, so wurde sie durch Hineinlegen von Messingdrähten in die eine derselben vorher ermittelt.

Das Ergebnifs der Versuche war bei Kupfer ein sehr merklicher Magnetismus, eben so entschieden bei Zinn, Quecksilber, Antimon und Wismuth, schwächer bei Zink und sehr unbedeutend bei Blei.

Eine Röhre von Messing schwächt die Wirkung ihrer Spirale, wirkt also unmagnetisch. Eine Röhre von Neusilber, und eben so gezogene Röhren von Zinn und Blei wirkten hingegen stark magnetisch, und zwar stärker als Drahtbündel. Es ist daher wahrscheinlich, dafs bei dem Ziehen dieser weichen Metalle zu Röhren sie sich mit einer dünnen Eisenschicht bedecken.

Das positive Resultat für Quecksilber ist deswegen wichtig, weil bei ihm eine Erklärung der Erscheinung durch beigemengtes Eisen wegfällt. Auch sind in der

vorhergehenden Abhandlung Legirungen von Eisen aufgeführt, welche in Form von Stangen sich, in dieser Weise geprüft, unmagnetisch verhalten. Die Beimengung des Eisens als solche kann also das Resultat nicht bestimmen.

Wirken in zwei einander compensirenden Spiralen ein massiver Eisencylinder und ein Bündel Eisendrähte einander entgegen, so wird bei galvanischem Elektromagnetisiren das Stromgleichgewicht in Beziehung auf das Magnetisiren einer Stahlnadel durch eine geringere Menge Drähte hervorgebracht, als in Beziehung auf das Galvanometer (diese Annalen, Bd. XXXXIX S. 85); denn bei 70 Drähten von 1,12 Linien Durchmesser geschah das Magnetisiren der Stahlnadeln noch von den Drähten aus, während für das Galvanometer, selbst bei 110 Drähten, der massive Cylinder überwog. Da die bei Magnetisiren des Eisens durch Maschinenelektricität inducirten Ströme auf das Galvanometer nicht wirken, so konnte nur die Drahtmenge bestimmt werden, welche das Magnetisiren der Stahlnadel compensirte. Es fand sich dafs 14 Drähte von 0,70 Lin. Durchmesser jenen Cylinder compensirten, woraus unmittelbar hervorgeht, dafs man die magnetische Reihenfolge der Metalle nicht durch Compensation vermittelst Eisendrähten bestimmen kann, da die magnetisirende Wirkung derselben zu energisch ist. Am passendsten scheinen mir hiezu Messing- oder Kupferdrähte zu seyn.

Aus demselben Grunde kann man sich derselben nicht zur galvanometrischen Compensation bedienen, wenn man die zu vergleichenden Metalle durch galvanische Elektricität elektromagnetisirt. Es wird in dieser Beziehung genügen eine Versuchsreihe anzuführen, die mit einer Bunsen'schen Zinkkohlenkette am Differential-inductor für galvanische Elektricität erhalten wurde, in dessen Röhren nur 170 Drähte der dünnsten Sorte von 0,70 Lin. gelegt werden konnten.

Der Cylinder von weichem Eisen, die Flintenläufe und aufgeschnittene Röhren von doppeltem Eisenblech überwogen diese 170 Drähte, während eine geschlossene Röhre von doppeltem Eisenblech dadurch im Gleichgewicht erhalten wurde. Dasselbe trat für die nachfolgenden Substanzen, deren Dimensionen in der vorhergehenden Abhandlung angegeben sind, bei der danebenstehenden Drahtmenge ein.

Substanzen.	Erforderliche Drahtmenge für galvanometrische Compensation.
Röhre von doppeltem Eisenblech	170
Cylinder - weichem Stahl	150
- - grauem Roheisen aus dem Tiegelofen	140
- - - - Cupolo-Ofen mit warmem Wind	86
- - weifsem Roheisen, Tiegelgufs	84
Röhre von Eisenblech	84
Cylinder von weifsem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	83
- - grauem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	67
- - hartem Stahl	67
quadratische Nickelstange (4''',75 Seite)	10
Röhre von Nickel	4
Cylinder von Eisenscheiben durch Papier getrennt	4
- - Stahlscheiben - - -	2
- - Weifsblechscheiben - -	1
Röhre von Neusilber	1
Cylinder von eisernen Bohrspähnen	1

Sowohl massive Cylinder als Drahtbündel und Röhren aus andern Metallen gaben eine kaum merkbare Schwächung ihrer Spirale. Der galvanische Strom ist also weniger geeignet den Magnetismus der sogenannten

unmagnetischen Metalle hervortreten zu lassen, als der einer sich entladenden elektrischen Flasche. Die bedeutende Schwächung der inducirenden Wirkung durch mechanische Trennung des Eisens in Scheiben geht aus dieser Versuchsreihe sehr überzeugend hervor. Es ist diefs ein neuer Beweis, dafs die galvanometrische Wirkung vorzugsweise durch den freien Magnetismus des elektromagnetisirten Eisens hervorgebracht wird.

III. *Ueber einige elektromagnetische Apparate; von M. H. Jacobi.*

(Aus dem *Bullet. scient. d. Petersb. Acad. T. IX.*)

Bereits im Mai v. J. hatte ich die Ehre der Academie mehrere elektromagnetische Apparate vorzulegen, an deren Beschreibung ich aber bis jetzt verhindert worden war. Ich will diese Beschreibung jetzt um so weniger verzögern, als der eine dieser Apparate sich bei gewissen galvanometrischen Messungen als sehr nützlich erwiesen hat, und den Experimentatoren, wie ich glaube, nicht unwillkommen seyn wird. Auf Taf. II sind drei Apparate abgebildet, wovon Fig. 6 ein elektromagnetischer Krafthebel, und Fig. 7 und 8 zwei Apparate sind, die theils zur Regulirung der Stärke des galvanischen Stromes, theils zu galvanometrischen Messungen gebraucht werden können.

I. Der elektromagnetische Krafthebel.

Im 5. Bande des *Bulletin scientifique*, *p.* 257 [1]) befindet sich eine Reihe von Versuchen über die Anziehung der Elektromagnete, die wir, mein College Herr Lenz und ich, gemeinschaftlich mit diesem Apparate an-

1) Annalen, Bd. XXXXVII S. 225 und 401.

gestellt haben. Frühere Versuche, die ich noch in Königsberg über denselben Gegenstand unternommen hatte, und über welche in meinem *Mémoire sur l'application de l'Electromagnétisme au mouvement des machines, p.* 23, berichtet, gaben mir Veranlassung manche Uebelstände wahrzunehmen, welche bei dieser Meſsmethode vorkommen, und schon damals eine Zeichnung zu dem vorliegenden Apparate zu entwerfen, wobei diese Uebelstände so viel wie möglich vermieden und beseitigt sind.

ABCD (Fig. 6 Taf. II) ist ein starkes, auf 4 Füſsen ruhendes Brett, auf welchem das aus zwei starken Pfosten und einem Querbalken bestehende Gerüst *EFGH* befestigt ist. *FG* ist dazu bestimmt, eine mit Kupferdraht umwickelte hufeisenförmige Eisenstange *IK* zu tragen, deren starke unveränderliche Befestigung von groſser Wichtigkeit ist. *L* ist ein starker eiserner Ständer, der sich oben gabelförmig erweitert, um die stählernen Schrauben, deren Flügel in *a* und *b* sichtbar sind, aufzunehmen. Diese Schrauben sind zugespitzt, und zwischen ihnen bewegt sich mit geringer Reibung die Axe *cd* des $4\frac{1}{2}$ Fuſs langen eisernen Hebels *MN*, dessen obere, genau geradlinig gearbeitete Seite abgeschrägt ist, so daſs sie gewissermaſsen einen *dos d'âne* bildet. Genau $2\frac{1}{2}''$ vom Centrum dieses Hebels ist derselbe verstärkt und senkrecht durchbohrt, um einen starken, mit harter Reibung eingeschliffenen Zapfen aufzunehmen, welcher oben in eine Schraube ausläuft. Der Zapfen selbst hat unten einen Flügel, und wird unten durch einen Ansatz, oben aber durch eine Schraubenmutter festgehalten, doch so, daſs die freie Umdrehung um seine Axe nicht verhindert wird. Die Schraube, in welche der Zapfen oben ausläuft, trägt gewissermaſsen als Schraubenmutter ein starkes messingnes Stück *fg*, worin der ebenfalls mit Kupferdraht bewickelte Anker *OP* stark befestigt ist. Dieses Messingstück hat auf beiden Seiten einen prismatischen Schlitz, womit es in zwei ebenfalls prismatisch

ge-

geformten Leitstangen eingeschliffen ist, welche auf dem Hebel selbst befestigt sind, und wovon die eine in *h* zu sehen ist. Man sieht leicht, dafs wenn der Bolzen um seine Axe gedreht wird, das oben erwähnte Messingstück *fg* und mit ihm der darauf befestigte bewickelte Anker *OP* senkrecht gehoben und gesenkt, und so den Polen des ihm gegenüberstehenden Hufeisens näher gebracht, oder von ihnen entfernt werden kann. Das Ende des Hebels trägt eine Schneide und einen Bügel *i*, woran eine Schnur befestigt ist, welche über die Leitrolle *k* hinweggeht und das Gewicht *l* trägt, wodurch der Hebel aequilibrirt werden kann. An dem Pfosten *O*, welcher die Leitscheibe trägt, ist ein Bügel *mn* befestigt, an welchem zwei Stellschrauben *o*, *p* befindlich sind, welche theils die Bewegung des Hebels zu beschränken bestimmt sind, zum Theil aber, was die obere Schraube betrifft, die Bewegung des Hebels verhindern sollen, wenn, nachdem derselbe aequilibrirt ist, die Kette geschlossen wird, und die magnetische Anziehung stattfindet ehe die Messung beginnt. *P* ist ein Laufgewicht, das an einer Schneide hängt, die von dem mit zwei Rollen versehenen Wagen getragen wird, und durch eine gabelförmig sich endigende gezahnte Stange *S T*, in welche das Getriebe *R* greift, sanft hin und her bewegt werden kann. Durch einen in der Zeichnung nicht sichtbaren Schieber kann letzteres zum Eingriff gebracht oder ausgehoben werden, so dafs alsdann die gezahnte Stange sich frei bewegen kann. Der Wagen trägt ein an einem Bügel befestigtes Bleiloth, das mit einer am Wagen befindlichen Spitze coïncidiren mufs, um sich der horizontalen Lage des Hebels zu versichern. Später bediente ich mich zu diesem Zwecke einer Libelle. Die Entfernung vom Hypomochlium des Hebels bis zum Aufhängepunkte des Gegengewichts beträgt genau 50 engl. Zolle, also die 20malige Entfernung vom Hypomochlium bis zur Axe des Zapfens, welche Entfernung zu $2\frac{1}{2}''$ angenommen ist,

Die Pole des Hufeisens sowohl, als die des Ankers sind cylindrisch abgerundet, und zwar so, dafs die vier Arèten und die Axe des Zapfens in einer, senkrecht auf der Oberfläche des Hebels stehenden Ebene liegen. Diese Ebene kann als diejenige betrachtet werden, in welcher der Schwerpunkt der magnetischen Anziehung liegt, so dafs, wenn wir die Entfernung dieser Ebene und die des Laufgewichts P vom Hypomochlium durch a und na bezeichnen, die Anziehungskraft $M = nP$ wird. Auf der einen Seitenfläche des Hebels befindet sich die Eintheilung in $\frac{1}{10}''$, so dafs durch einen am Wagen des Laufgewichtes befindlichen Zeiger $\frac{1}{25}$ des Gewichtes unmittelbar abgelesen und $\frac{1}{250}$ geschätzt werden kann. Der Apparat selber ist leider in manchen Theilen nicht stark genug, um sehr beträchtliche Tragkräfte zu messen. Bei den oben angeführten Versuchen beschränkten wir uns auf 2- bis 300 Pfund. Wir haben in dem früheren Aufsatze schon mehrere Umstände erwähnt, welche, ungeachtet aller getroffenen Vorsichtsmafsregeln, die Genauigkeit der Beobachtungen afficiren, in dessen will ich nur noch hinzufügen, dafs wenn Jemand über die Tragkraft der Elektromagnete genaue Versuche anzustellen geneigt seyn sollte, er sich des hier beschriebenen Instruments mit Vortheil wird bedienen können.

II. Der Regulator mit flüssigem Leitungswiderstande.

Bei den meisten unserer früheren Versuche war uns die Erhaltung eines constanten Stromes von der gröfsten Wichtigkeit; denn nur dadurch war es uns möglich die genauen Resultate zu erhalten, deren wir uns erfreuten. Wir bedienten uns damals einer Batterie von Platin und Zink, deren Platten an einem Rahmen befestigt waren, und welche in einem mit Zellen versehenen Kasten mehr oder weniger eingetaucht werden konnten. Der Kasten stand auf einer Plattform, die durch einen zweckmäfsigen Mechanismus gehoben oder gesenkt wer-

den konnte. Diese Einrichtung hatte manche Unbequemlichkeit, und war auch nicht für alle Fälle zu gebrauchen, weshalb ich mir später den Apparat anfertigen liefs, der in Fig. 7 Taf. II abgebildet ist. *ABCDEF* ist ein hölzerner, mit Wachs sorgfältig ausgegossener und wasserdichter Kasten, welcher durch eine thönerne Scheidewand *ab* in zwei Abtheilungen getheilt ist. Jede dieser Abtheilungen hat ein mit einem Röhrengelenk von Kautschuck versehenes Ausflufsrohr *cd*; *ef* sind zwei Ständer, an welchen eine runde Leitstange *gh* befestigt ist. Auf dieser befinden sich die Hülsen *i* und *k*, welche auf der Leitstange verschoben und durch zwei Fingerschrauben festgeklemmt werden können. Beide Hülsen sind durch eine Mikrometerschraube verbunden, wodurch ihre relative Lage regulirt werden kann; *mn* sind zwei Metallplatten, wovon die erstere an der Hülse *k* befestigt, die andere aber in der einen Zelle des Kastens blofs eingehängt ist. Indem man nun diesen Kasten in die Nähe des zu beobachtenden Galvanometers bringt, durch Umdrehen der Mikrometerschraube nach Befestigung der Hülse *i*, die Platten *m* und *n* mehr oder weniger von einander entfernt, und dadurch den Leitungswiderstand der Flüssigkeit vermehrt oder verringert, hat man es in seiner Gewalt, den Strom während der Beobachtung immer constant zu erhalten. Sind die Hülsen *i* und *k* einander so viel genähert, dafs sie aneinanderstofsen, so wird auch die Druckschraube von *i* gelöst, und das ganze System wird, je nach den Umständen, der Platte *n* oder der Scheidewand *ab* näher oder entfernter gebracht. Ich bediene mich gewöhnlich zweier Kupferplatten und des salpetersauren Kupfers als Leitungsflüssigkeit. Da die Ladungserscheinungen hierbei sehr gering sind, so wird die Constanz der übrigen erregenden Theile der Kette durch diesen Apparat nicht gefährdet, was aber der Fall seyn dürfte, wenn man z. B. Platinplatten und verdünnte Schwefelsäure u. s. w. nähme.

Für Untersuchungen über den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten, welche ich beabsichtige, habe ich einen solchen Kasten anfertigen lassen, wobei die thönerne Scheidewand sich in der Mitte befindet, und wo noch eine besondere Mikrometerschraube vorhanden ist, um auch die feste Platte *n* nähern und entfernen zu können. Aufserdem sind bei diesem Apparate die Leitstangen, auf welchen die Hülsen gleiten, in $\frac{1}{10}$ engl. Zolle eingetheilt, um die Entfernung der Platten von einander genau bestimmen zu können. Ferner sind, nach einer Verbesserung des Hrn. Lenz, die Mikrometerschrauben so lang wie der Kasten selbst, oder so lang wie die einzelnen Abtheilungen. Hiedurch ist man des lästigen Verschiebens der Hülsen *i* und *k* überhoben und kann die Schrauben durch eine Kurbel in Bewegung setzen, was viel bequemer ist.

III. Der Regulator mit festem Leitungswiderstande.

Die Beschreibung des vorstehenden Apparates zeigt, dafs es weiter keine Schwierigkeit hat, einen *allmälig* sich verändernden flüssigen Leitungswiderstand in die Kette einzuführen; die Aufgabe aber, die ich mir zu stellen Veranlassung hatte, *allmälig sich verändernde Drahtlängen* in die Kette einzuführen, hatte einige gröfsere Schwierigkeiten, die ich durch den in Fig. 8 Taf. II dargestellten Apparat glaube gelöst zu haben. *AB*, *CD* sind zwei Schrauben von genau gleichem Durchmesser und Gewinde. Die erstere davon ist auf einen Cylinder von Holz, Marmor u. s. w., die andere aber auf einen Metallcylinder eingeschnitten. Die Messingscheibe *a*, deren unterer Theil in das Quecksilbergefäfs *c* taucht, ist am Marmorcylinder *AB* angekittet, die Scheibe *b* aber, die in *d* taucht: an dem Metallcylinder angelöthet. Der Draht *efghi* ist mit dem einen Ende an der Messingscheibe *a*, mit der andern an der Messingscheibe *b* befestigt. Er ist über einen Theil der Schraubengänge von

AB gewickelt, geht über die Leitungsrollen *kl* hinweg, und umgiebt dann einen Theil der Schraubengänge von *CD*. Das Gewicht *P*, welches im Schwerpunkte unter der winkelförmig gebogenen Stange *kml* hängt, dient dazu, den Draht immer in gehöriger Spannung zu erhalten. Die mit einer Kurbel versehene Axe *EF* liegt auf einem passenden Gerüste, das hier nicht abgebildet ist. Tritt der Strom in *c* ein, so durchläuft er alle, auf dem Metallcylinder *AB* befindlichen Windungen auf einmal, die auf dem Marmor- oder Holzcylinder befindlichen Windungen aber ihrer ganzen Länge nach. Man sieht leicht, dafs durch Umdrehen der Kurbel der Draht bequem und allmälig von der einen Schraube ab- und auf die andere aufgewickelt werden kann, und so mit gröfserer und geringerer relativen Länge in den Strom tritt, während die absolute Länge des Drahtes dieselbe bleibt.

Da die auf *CD* aufgewickelte Drahtspirale auf die zu beobachtende Galvanometernadel unmittelbar wirken könnte, so mufs der Apparat sich in angemessener Entfernung vom Beobachtungsorte befinden. Um nun nicht zur Umdrehung der Schraube eines Gehülfen zu bedürfen, bediene ich mich eines langen hölzernen Stockes, an dessen Ende sich die unter dem Namen Universalgelenk bekannte Vorrichtung befindet, welche statt der Kurbel auf die Axe *EF* aufgesetzt werden kann.

Ich habe neuerdings einen Apparat dieser Art anfertigen lassen, und einige von der Zeichnung abweichende Einrichtungen getroffen. Die isolirende Schraube des früheren war von Holz, das sich aber warf, eintrocknete und andere Unregelmäfsigkeiten verursachte. Ich zog es daher vor, die Schraube auf einen Cylinder von weifsem carrarischen Marmor einschneiden zu lassen, da dieses Metall gehörig isolirt, und sich gut genug drehen und schneiden läfst. Desgleichen liefs ich statt der Stange *kml* mit den Leitrollen eine einzige grofse hölzerne Rolle anbringen, an deren Axe das Gewicht *P* in Pfannen auf-

gehängt ist. Die Quecksilbergefäſse *c* und *d*, worin die Scheiben *a* und *b* tauchen, sind durch Rollen ersetzt, die durch starke Federn auf den Rand dieser Scheiben angepreſst werden und zur Leitung des Stromes dienen. Endlich ist bei diesem Apparat das eine Ende der Axe mit einer Schraube ohne Ende versehen, die in ein Rad von 100 Zähnen greift, auf dessen Zifferblatt die Anzahl der Umdrehungen abgelesen werden kann. An einer anderen in 100 Theile getheilten Scheibe, die auf der Axe befestigt ist, kann man $\frac{1}{100}$ Umdrehung unmittelbar ablesen und $\frac{1}{1000}$ davon bequem schätzen. Es wird wünschenswerth seyn, die Dimensionen dieses Apparates zu erfahren, die ich in engl. Zollen angebe. Der Durchmesser des Cylinders beträgt 2″,375, die Länge jeder Schraube 6″, die des ganzen Cylinders also 1 Fuſs. Auf jeder Schraube befinden sich 125 Gänge, so daſs also ungefähr 78′ Draht aufgewickelt werden können. Früher hatte ich Neusilberdraht von etwa $\frac{1}{50}$″ Durchmesser zur Leitung genommen, gegenwärtig befindet sich aber Messingdraht von $\frac{1}{40}$″ Dicke auf den Schrauben; es ist nämlich ein übler Umstand, daſs der, über der 6″ im Durchmesser haltenden Leitrolle hinweggehende Draht, der in der Figur mit *fgh* bezeichnet ist, einen Leitungswiderstand von etwa 20″ Länge darbietet, der aber mit Rücksicht auf die geringe Leitungsfähigkeit des Neusilbers bei der Messung geringer Leitungswiderstände die erforderliche Genauigkeit nicht zuläſst. Ungeachtet aller Sorgfalt war es nicht möglich die Schrauben in dem verschiedenen Material von genau gleichem Durchmesser zu schneiden. Wenn der Draht von der Messingschraube ab auf die Marmorschraube aufgewunden wird, so hebt sich das Gewicht bei 125 Umdrehungen um 0″,875, weil letztere Schraube einen unmeſsbar gröſseren Durchmesser hat als erstere. Die Drahtlänge *fgh* ist also um $2 \times 0{,}875 = 1''{,}750$ verkürzt worden oder es sind, da jede Windung etwa $7\frac{1}{2}''$ Länge hat, bei 125 Windungen in

der That 0,233 Windungen zu viel gemessen worden. Es ist daher für jede Windung eine Correction von 0,002 Windungen in Abzug zu bringen, was natürlich bei den meisten vorkommenden Fällen keine Bedeutung hat, aber doch wenigstens erwähnt werden mufste.

Da auch die galvanometrischen Messungen nach und nach anfangen Ansprüche auf Genauigkeit zu machen, so war es mir wichtig zu erfahren, welchen Grad von Genauigkeit dieser Regulator gewähre. Ich unternahm daher eine Reihe von Messungen, um die Leitungswiderstände mehrerer zu einem bestimmten anderweitigen Zwecke vorbereiteter Drähte zu bestimmen.

Die Versuche wurden mit einem einzigen Plattenpaare Platin Zink angestellt, das ungefähr $\frac{1}{2}$ Quadratfufs Platinoberfläche darbot, und die Ablenkungen wurden an der Tangentenbussole beobachtet. Zuerst wurde der zu messende Draht ohne Regulator eingebracht und die Ablenkung der Nadel durch Drehen der mit dem Vernier verbundenen elektromagnetischen Spirale auf einen bestimmten Theilstrich fixirt, dann wurde der Widerstandsregulator an die Stelle des Drahtes eingeschaltet, und die Schraube so lange gedreht, bis die Nadel wieder dieselbe Ablenkung zeigte. Da der Nullpunkt des Zifferblattes nicht mit dem Anfange der Windungen übereinzustimmen braucht, so mufs die abgelesene Anzahl von Windungen um eine constante Länge, von welcher der Draht fgh ein Theil ist, vermehrt werden, um den wirklichen Leitungswiderstand zu erhalten. In der folgenden Tab. I ist in der ersten Columne die Nummer der zu messenden Drähte, in der zweiten die Ablesung am Zifferblatte des Regulators und in der dritten Columne der nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete wirkliche Leitungswiderstand angegeben, wobei die Länge eines Schraubenganges zur Einheit genommen ist. Die oben erwähnten Correctionen von —0,002 für jede Windung sind hierbei bereits berechnet.

Tab. I.

Nummer der Drähte.	Ablesnng am Regulator.	Berechnete Leitungswiderstände der Drähte.	Berechnete Summe der Leitungswiderstände.	Differenz.
L^{I}	5,808	10,123		
L^{II}	3,136	7,458		
L^{III}	3,115	7,437		
L^{IV}	3,311	7,636		
L^{V}	2,784	7,103		
L^{VI}	40,148	44,381		
$L^{I}+L^{II}$	13,333	17,631	17,581	+0,050
$L^{I}+L^{II}+L^{III}$	20,710	24,989	25,018	—0,029
$L^{I} \ldots + L^{IV}$	28,378	32,650	32,654	—0,004
$L^{I} \ldots + L^{V}$	35,510	39,771	39,757	+0,014
$L^{I} \ldots + L^{VI}$	79,888	84,125	81,138	—0,013

Bezeichnen wir den eigentlichen Leitungswiderstand mit l', l'' etc. und die hinzuzufügende Constante mit x, so hat man $l'=5,808+x$, $l''=3,136+x$, $l'+l''=13,333+x$ u. s. w., woraus man die fünf Gleichungen erhält:

$$x = 4,389$$
$$2x = 8,651$$
$$3x = 13,008$$
$$4x = 17,356$$
$$5x = 21,586$$

aus welchen nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$x = 4,329.$$

Addirt man die respectiven Leitungswiderstände in der dritten Columne zusammen, so erhält man die Zahlen der vierten Columne, deren Abweichungen von den berechneten Leitungswiderständen in der sechsten Columne angegeben sind. Die gröfste Differenz ist 0,05, was, da die Länge einer Drahtwindung ungefähr 7",5 engl. ist, 3"',75 Neusilberdraht von $\frac{1}{30}$" Durchmesser beträgt.

Diese bis jetzt, wie ich glaube, bei Messungen der

Art noch nicht erreichte Genauigkeit, könnte noch weiter getrieben werden, wenn die Constanz der Kette und die feste Aufstellung der Galvanometerbussole ihrer Empfindlichkeit, so wie der Schärfe entspräche, womit an ihr beobachtet werden könnte. Indessen kann ich es nicht verbergen, dafs die einzelnen Beobachtungen unter sich nicht diese Genauigkeit gewähren und bisweilen Differenzen zeigen, welche sich bis zur Höhe von $\frac{1}{100}$ des ganzen Leitungswiderstandes erheben. Die vorigen Beobachtungen wurden, wie schon erwähnt, mit der Tangentenbussole angestellt, auf der ich die Ablenkung bis auf 2″ bequem schätzen konnte. Gegenwärtig habe ich eine Sinusbussole anfertigen lassen, die mit mehreren, von Hrn. Prof. Poggendorff angegebenen Verbesserungen versehen ist, deren Beschreibung ich mir vorbehalte, und mit der ich durch vortreffliche Mikroskope die Ablenkungen bis auf 20″ genau ablesen kann. Ich habe einige sehr gut mit einander übereinstimmende Messungen mit diesem Instrumente gemacht, indessen erfordert dasselbe eine feste, den temporären Erschütterungen vorbeifahrender Wagen u. s. w. nicht exponirte Aufstellung, die mir bis jetzt nicht zugänglich war. So genaue Beobachtungen werden aber in der Folge Rücksicht auf die Temperatur der Drähte, auf den möglicherweise ungleichen Widerstand der einzelnen Windungen, und sogar auf die, während der Beobachtungen eintretenden Veränderungen der magnetischen Erdkraft erheischen und die Vernachlässigung dieser Umstände nicht länger gestatten. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dafs gerade durch solche genaue Messungen Umstände hervortreten dürften, die uns dem, im Grunde ganz räthselhaften Phänomene des Leitungswiderstandes näher zu treten erlauben würden. Zu empfehlen ist noch, den Regulator immer sehr rein und blank zu erhalten, weil Sprünge, die man hin und wieder in der allmälig sich verändernden Ablenkung der Nadel bemerkt, nur einer, durch oberflächliche Oxy-

dation veranlafsten unvollkommenen Berührung zugeschrieben werden können. Vortheilhaft wird es daher seyn, das ganze Instrument aus einem an der Luft nicht oxydirbaren Metalle, z. B. Neusilber oder Platin, anfertigen zu lassen.

Bei meiner Anwesenheit in London im vorigen Jahre zeigte mir Hr. Prof. Wheatstone ein, meinem so eben beschriebenen Stromregulator, den ich der Academie in der Sitzung vom 24. April (6. Mai) präsentirt hatte, ähnliches Instrument. Dieser Gelehrte hatte sich dieses nützlichen Apparates bedient, um die Leitungswiderstände bei der elektromagnetischen Telegraphenlinie zu bestimmen, die er auf der London-Bristol-Eisenbahn anzulegen im Begriff war. Er hatte mir sehr interessante Mittheilungen über scheinbare Anomalien gemacht, die bei so langen Drahtleitungen vorkommen, und die in dem Ohm'schen Gesetze, von dessen Wichtigkeit er durchdrungen ist, ihre vollkommene Erklärung finden. Man kann der Publication dieser Arbeiten mit Ungeduld entgegensehen, um so mehr, da Hr. Wheatstone keine practische Arbeit unternimmt, ohne dabei auch der Wissenschaft eine Ausbeute zu gewinnen. Zugleich machte mich dieser Gelehrte auch auf ein Verfahren aufmerksam, mit diesem Instrumente die elektromotorischen Kräfte verschiedener galvanischen Combinationen zu vergleichen, ein Verfahren, welches in vielen, besonders den Fällen nützlich ist, wo man sich eines Galvanometers bedient, für welches das Gesetz oder der Intensitätswerth der Ablenkung nicht bekannt ist. Ich nahm keinen Anstand, dieses Verfahren bei einigen Arbeiten, die ich beabsichtigte, zu benutzen, und theile der Academie einige von den Beobachtungen mit, die ich danach angestellt habe.

Werden nämlich die elektromotorischen Kräfte und die respectiven Leitungswiderstände zweier galvanischen Combinationen durch A, A' und λ, λ', und die Leitungswiderstände, welche eingeschaltet werden müssen, um

mit jeder dieser Combinationen nach und nach eine bestimmte Ablenkung α und β hervorzubringen, durch x, x' und $L+x$ und $L'+x'$ bezeichnet, so hat man nach der Ohm'schen Formel die vier Gleichungen:

$$\frac{A}{\lambda+x}=\alpha \qquad \frac{A'}{\lambda'+x'}=\alpha$$

$$\frac{A}{\lambda+x+L}=\beta \qquad \frac{A'}{\lambda'+x'+L'}=\beta$$

woraus sich ergiebt $\frac{A}{A'}=\frac{L}{L'}$.

Man hat also weiter nichts nöthig, als die Anzahl der Umdrehungen der Schraube zu zählen, welche nöthig sind, um die Ablenkungen der Nadel von α auf β zu bringen, um dadurch das Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte zu erhalten. Die in der Tabelle II und III aufgezeichnete Versuchsreihe wurde mit zwölf Daniell'schen, mit Kupfervitriol und verdünnter Schwefelsäure geladenen Elementen, angestellt, bei denen die Flüssigkeiten durch poröse Thoncylinder getrennt waren, und deren Kupfergefäfse 3" Durchmesser und 5½" Höhe hatten.

In der Tabelle II und III enthält die erste Columne die Nummer und Anzahl der Plattenpaare, die zweite, die der Anzahl der Umdrehungen proportionalen elektromotorischen Kräfte, die dritte die berechnete Summe der letztern, und die vierte endlich, die Differenzen zwischen der Rechnung und der Beobachtung.

Tab. II.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 1	4,19		
2	4,16		
3	4,45		
4	4,41		
5	4,44		
6	4,41		
7	4,01		
8	4,54		
9	4,52		
10	4,49		
11	4,58		
12	4,54		
1— 2	9,00	8,35	+0,65
1— 3	13,59	12,80	+0,79
1— 4	18,43	17,21	+1,22
1— 5	23,00	21,65	+1,35
1— 6	28,60	26,06	+2,54
1— 7	33,64	30,07	+3,57
1— 8	37,16	34,61	+2,55
1— 9	41,41	39,13	+2,28
1—10	46,20	43,62	+2,62
1—11	50,38	48,20	+2,18
1—12	55,87	52,74	+3,13

Bei diesen Beobachtungen wurde die Ablenkung von 19° durch die Einschaltung einer gröfseren Drahtlänge bis auf 13°, also um 6°, vermindert. Bei den folgenden Beobachtungen der Tab. III wurde diese Ablenkung aber von 17° bis auf 15°, also um 2°, vermindert, und zwar aus dem Grunde, um nicht durch Einschaltung einer zu grofsen Drahtmenge die Beobachtungen unsicher zu machen. Ferner wurden die Beobachtungen in einer von der früheren verschiedenen, aus der Tabelle ersichtlichen, Ordnung angestellt, welche, wie ich glaube, den zufälligen Umständen mehr entgegentritt und ihnen keinen so weiten Spielraum verstattet. Die Beobachtungen

der beiden Tabellen sind direct nicht mit einander vergleichbar.

Tab. III.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 12	1,78		
11	1,85		
11—12	3,59	3,63	—0,04
10	1,82		
10—12	5,38	5,45	—0,07
9	1,81		
9—12	7,23	7,26	—0,03
8	1,85		
8—12	9,21	9,11	+0,10
7	1,84		
7—12	10,69	10,95	—0,26
6	1,81		
6—12	12,47	12,76	—0,29
5	1,65		
5—12	14,29	14,41	—0,12
4	1,78		
4—12	15,95	16,19	—0,24
3	1,80		
3—12	17,81	17,99	—0,18
2	1,84		
2—12	19,62	19,83	—0,21
1	1,83		
1—12	21,13	21,66	—0,53

Auffallend ist es bei beiden Beobachtungsreihen, dafs die Differenzen zwischen den *beobachteten* elektromotorischen Kräften der mehrplattigen Combinationen und den aus der Summe der einzelnen Elemente *berechneten* elektromotorischen Kräften, immer auf eine Seite fallen, und bei der ersten Tabelle positiv, bei der zweiten negativ sind. Ich habe bei einigen anderen Versuchsreihen ähnliche Phänomene wahrgenommen und die Differenzen ganz oder zum gröfsten Theil immer nur auf einer Seite ge-

funden. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, die Ursache dieser Sonderbarkeit zu erklären, die ich indessen eher in sogenannten zufälligen Umständen, als in einer Modification zu suchen geneigt bin, die das von Fechner etablirte Gesetz zu erleiden hätte. Es ist übrigens eine bekannte Erfahrung, dafs die Ketten mit Scheidewänden eine gröfsere oder geringere Zeit nach ihrem Schlusse noch immer an Stärke zunehmen, und dafs eine solche Veränderung, wie ich oft sehr häufig gefunden habe, sowohl durch eine Vermehrung, als auch eine Verminderung der elektromotorischen Kraft veranlafst werden kann, wenn nur, wie es der letztere Fall fordert, der Leitungswiderstand der Flüssigkeit sich ebenfalls, aber in einem noch grösseren Verhältnisse, vermindert.

Aus der Tabelle II ergiebt sich als Mittelzahl aus den einzelnen Elementen die elektromotorische Kraft zu 4,395, aus den verschiedenen Combinationen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, aber zu 4,639. Setzen wir erstere $=100$, so erhalten wir für letztere $=105,5$.

Nach der Tabelle III ist dieses Verhältnifs wie 100 : 98,6. Nehmen wir hieraus die Mittelzahl, um die zufälligen Umstände zu eliminiren, so erhalten wir 100 : 101,5. Obgleich man also daraus ersieht, dafs bis zu 12 Plattenpaaren das bekannte Gesetz, ohne bedeutende Fehler zu begehen, angenommen werden dürfte, so kann doch, so lange die Fehlerquellen nicht auf eine entschiedene Weise bekannt sind, dieser Gegenstand keinesweges als experimentell abgeschlossen betrachtet werden, wie man hin und wieder zu glauben geneigt seyn möchte.

Nach den früheren Methoden werden gewöhnlich die Constanten der Kette aus den Stromstärken berechnet, welche durch Ablenkungen oder Schwingungen u. s. w. gemessen werden. Hierbei tritt der Umstand ein, dafs die stärkeren Ströme zugleich gröfsere Temperaturerhöhungen innerhalb der Kette selbst hervorrufen, wodurch

sowohl die Leitungswiderstände, als auch die elektromotorischen Kräfte afficirt werden. Dieser Umstand, den man, da er bis jetzt noch nicht hat in Rechnung gebracht werden können, als Fehlerquelle zu betrachten hat, ist bei der gegenwärtigen Methode, wo die Ströme immer von gleicher Stärke sind, zum Theil vermieden.

Nachtrag.

Da ich oben die Beschreibung eines Apparates gegeben habe, der dazu bestimmt ist, die Tragkraft der Elektromagnete zu messen, so mögen einige Bemerkungen hier an der Stelle seyn, zu denen mich ein Aufsatz des Hrn. C. H. Pfaff veranlafst, der sich im LIII. Bande von Poggendorff's Annalen, S. 309, befindet. Herr Pfaff glaubt nämlich durch Versuche bewiesen zu haben, dafs der Elektromagnetismus hohler Eisenstangen in einem höheren Verhältnisse wachse, als dem des einfachen der Masse, und glaubt die Abweichung des von Lenz und mir gefundenen Gesetzes durch seine Versuche gerechtfertigt. Dieses scheint mir nun keinesweges der Fall zu seyn, da, wie ich bei anderen Gelegenheiten zu bemerken Veranlassung hatte, die Tragkraft der Elektromagnete ein Maafs ist, das über die magnetischen Zustände einer Eisenstange nur die ungewisseste Auskunft zu geben vermag. Lenz und ich, wir hatten bei unseren Versuchen diese Methode immer vermieden oder umgangen, und uns nur ein Mal derselben bedient, um den aus anderen Versuchen entwickelten Satz zu bestätigen, dafs die Anziehung der Elektromagnete den Quadraten der magnetisirenden Ströme proportional ist. Auch hier haben wir Anomalien gefunden, die uns indessen nicht zu einer Modification dieses Gesetzes veranlassen durften, weil sie aus den verwickelten und zufälligen Umständen hervorzugehen scheinen, welche das Abreifsen und Anlegen des Ankers begleiten. Diese Umstände

haben wir nicht weiter gesucht in Rechnung zu bringen, da die Tragkraft eines Hufeisens zwar als ein ganz interessantes, aber bis jetzt als kein sehr folgenreiches Phänomen erscheint.

In meiner Glasgower Vorlesung (Poggendorff's Annalan, Bd. XXXXVII S. 225) habe ich einen Auszug aus einer gemeinschaftlichen gröfseren Arbeit gegeben, die noch nicht hat zum Druck befördert werden können, und welche das Gesetz über allen Zweifel zu erheben scheint, *dafs die unter gleichen Umständen in Eisenstangen von gleicher Länge und ungleicher Dicke entwickelten Quantitäten von Magnetismus sich wie die Durchmesser dieser Stangen verhalten.* Es ist kein Grund vorhanden, warum man nicht vorläufig annehmen könnte, dafs der freie Magnetismus der Endflächen dieser ganzen Quantität des entwickelten Magnetismus proportional seyn sollte, um so mehr, da es diesen Gegenstand experimentell zu prüfen ungemeine Schwierigkeiten hat, zu deren Beseitigung die Methode der Tragkraft am ungeeignetsten seyn möchte. Die Versuche des Herrn Pfaff betreffen übrigens einen andern Gegenstand, nämlich die Tragkraft hohler Elektromagnete von gleicher Länge, gleichem äufseren Durchmesser, aber ungleicher Wanddicke, wobei natürlich die Berührungsflächen zwischen dem Anker und den Endflächen der Eisenstangen immer von verschiedenen Dimensionen waren. Dafs sich der totale entwickelte Magnetismus solcher hohlen Eisenstangen unserem Gesetze gemäfs, also ganz gleich verhalten werde, scheint mir, unter der Beschränkung, dafs die Wandicken nicht zu gering seyn dürfen, nach unseren Versuchen sehr wahrscheinlich zu seyn.

Ich mufs übrigens bei dieser Gelegenheit an den vortrefflichen Aufsatz über »*hohle Elektromagnete*« erinnern, der sich im 1. Bande des *Bulletin scientifique*, *p.* 121, befindet, und welcher den leider zu früh verstorbenen Prof. Parrot in Dorpat zum Verfasser hat.

Par-

Parrot's Versuche haben vor denen Pfaff's den Vorzug, dafs bei ihnen die Berührungsfläche zwischen Anker und Magnet immer gleich grofs war, und dafs die Zufälligkeiten vermieden waren, welche bei der Combination *zweier* Stangen unausbleiblich sind; auch kommt Parrot zu dem Schlusse: »dafs man bei Elektromagneten von grofsen Dimensionen eine bedeutende Ersparnifs an Metallmasse wird haben können, dadurch, dafs man sie hohl macht, indem eine Reduction auf die halbe Masse nur einen Verlust von $\frac{1}{10}$ in der Tragkraft erzeugt, bei einer Reduction auf $\frac{1}{4}$ der Masse nicht volle $\frac{2}{10}$ an Tragkraft verloren gehen, so dafs die Masse Eisen, welche einen massiven Magneten darstellt, auf vier hohle Cylinder verwandt, einen drei Mal gröfseren Effect geben mufs etc.«

IV. *Ueber die Frage, ob es wirksame galvanische Ketten ohne primitive chemische Action gebe, und über die Bildung der Eisensäure auf galvanischem Wege; von J. C. Poggendorff.*

(Aus einer am 8. Nov. in der Academie gehaltenen Vorlesung, mit späteren Zusätzen.)

Unter den verschiedenen Einwürfen, welche man gegen die sogenannte chemische Theorie des Galvanismus erhoben hat, ist unstreitig der wichtigste der, *dafs die elektromotorische Kraft einer Volta'schen Kette, oder anders gesagt, die, bei Gleichheit des Widerstands, von einer solchen Kette in bestimmter Zeit entwickelte Elektricitätsmenge, im Allgemeinen niemals der vor dem Schlufs der Kette stattfindenden chemischen Action proportional geht, weder deren Intensität, noch deren Quantität.* Man mag schwache oder starke Säure an-

wenden, kleine oder grofse Metallflächen in dieselbe eintauchen, so zeigt sich doch bei genauerer Untersuchung, dafs der Act der Auflösung des positiven Metalls, der aus diesem rein chemischen Angriff hervorgeht, keinen oder einen sehr untergeordneten Einflufs auf die elektromotorische Kraft ausübt.

Aus dieser unbestreitbaren und ganz allgemeinen Thatsache haben die Anhänger der Contacttheorie den einfachen Schlufs gezogen, dafs die chemische Action, als solche, nicht die erste Ursache der Erregung Volta'scher Ströme seyn könne. Darauf ist von den Gegnern dieser Theorie, welche sich hier nur durch sehr willkührliche Hypothesen zu helfen wissen (z. B. Annahme einer theilweis unmittelbaren Wiedervereinigung der getrennten Elektricitäten, oder Unterscheidung zweierlei chemischen Actionen, von denen blofs eine stromerregend wirke), erwiedert worden, dafs, wenngleich im Allgemeinen eine Proportionalität zwischen der primitiven chemischen Action und der elektromotorischen Kraft nicht vorhanden sey, dennoch auch *kein Strom erregt werde, wo diese Action fehlt.*

De la Rive und Faraday haben diefs als allgemeinen Satz hingestellt, und namentlich der Letztere sagt noch in seiner neuesten Abhandlung, er habe ängstlich nach einem Fall vom Gegentheil gesucht, aber keinen finden können.

So allgemein aufgestellt, kann aber diese Behauptung wohl nicht als Ausdruck der Erfahrung angesehen werden. Gewifs unterliegt es keinem Zweifel, dafs amalgamirtes Zink, frisch bereitet, in der Lösung eines neutralen Salzes, wie Kochsalz, Glaubersalz, Salpeter u. s. w., besonders wenn sie vorher luftfrei gemacht worden, keine chemische Einwirkung erleidet, und doch entsteht, bei Verbindung mit einem anderen Metall, augenblicklich ein kräftiger Strom, der an elektromotorischer Kraft sogar stärker ist, als der von nichtamalgamirtem Zink, das brausend in Säuren aufgelöst wird. Selbst das nichtamalga-

mirte Zink zeigt, wenn man ihm eine frisch abgefeilte Oberfläche giebt, in solchen neutralen und luftleeren Salzlösungen so wenig Neigung zur Oxydation, dafs es noch nach Tagen seinen vollen Metallglanz besitzt. Vom Kadmium, Eisen u. s. w. gilt dasselbe; und dennoch stellt sich auch in diesen Fällen, bei Verbindung mit einem negativeren Metall, sogleich ein lebhafter Strom ein.

Andererseits ist aber nicht zu läugnen, dafs es Fälle giebt, wo Mangel an Angriff der Flüssigkeit auf die Metalle der Kette mit gänzlicher oder fast gänzlicher Abwesenheit eines Stroms zusammenfällt. Ein solcher Fall ist z. B. der, wo *Eisen* und *Platin* in *Aetzkalilauge* verknüpft werden; der Strom ist zwar nicht völlig Null (selbst nach Faraday's eigener Erfahrung), aber doch ungemein schwach. Auf diesen Fall haben daher De la Rive und Faraday besonderes Gewicht gelegt, und namentlich ist der letzte Physiker noch neuerlich bemüht gewesen, Beispiele ähnlicher Art in gröfserer Zahl zu sammeln [1]).

Beide Physiker betrachten derlei Fälle als unübersteigliche Hindernisse für die Contacttheorie, indem sie voraussetzen, diese verlange, dafs irgend zwei Metalle, die in der Spannungsreihe weit auseinanderstehen, auch in jeglicher Flüssigkeit eine diesem Abstande entsprechende Stromstärke (oder vielmehr elektromotorische Kraft) entwickeln müssen. Solch eine Einflufslosigkeit der Flüssigkeit ist aber in neuerer Zeit von den einsichtsvolleren Anhängern der Contacttheorie niemals behauptet worden; im Gegentheil nehmen diese, gestützt auf Thatsachen, noch Einwirkungen der Flüssigkeiten an, welche die Widersacher dieser Theorie aufser Acht lassen, und die, im gewöhnlichen Sinne, nicht den chemischen Actionen beizuzählen sind, da sie nachweisbar nicht vom Act einer Vereinigung oder Trennung der Körpertheilchen begleitet werden. Wir erinnern nur an die

1) Ann. Bd. LII S. 163 und 547.

von Fechner sowohl galvanometrisch als elektroskopisch nachgewiesenen Veränderungen des Platins in einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd [1]).

Durch solche Veränderungen der Metalle lassen sich ungezwungen alle die Fälle erklären, wo, bei mangelnder chemischer Action, auch der Strom ausbleibt; ja es ist mehr als wahrscheinlich, wie Fechner meint, dafs der directe chemische Angriff der Flüssigkeit auf das *positive* Metall der Kette nur in sofern den Strom nicht erregt, sondern gestattet, als er durch Weglösen, d. h. stetes Erneuen, der metallischen Oberfläche jene räthselhaften Veränderungen, welche das Auftreten des Stromes unterdrücken, hindert oder vernichtet, gleichwie in der gewöhnlichen Zink-Eisen-Kette der Angriff der Säure (Schwefelsäure) auf das *negative* Metall, d. h. das Eisen, verhütet, dafs an diesem die sogenannte Polarisation sich so stark wie am Kupfer ausbilden kann, und somit (wenigstens im Verein mit der ebenfalls dadurch herbeigeführten Schwächung des Uebergangswiderstandes) zur Ursache wird, dafs der Strom dieser Kette unter den gewöhnlichen Umständen den einer aus Zink und Kupfer mit derselben Säure gebildeten bedeutend übertrifft [2]).

Der Anhänger der Contacttheorie braucht also den Einflufs der chemischen Action auf das Erscheinen des Stromes nicht zu läugnen, aber er wird ihr immer nur einen secundären Antheil daran zugestehen; er wird das

1) Ann. Bd. XXXXVII S. 21.

2) Auf ähnliche Weise erklärt De la Rive die gröfsere Stromstärke der Zink-Eisen-Kette (*Biblioth. univers*, *N. S. T. XXVI p.* 196). Wenn indefs der Act der Auflösung eines Metalls eine so maafslose Quelle von Elektricität wäre, wie dieser Physiker anderweitig annimmt, so müfste doch, sollte man meinen, das Eisen einen schwächeren Strom geben als das Kupfer, da dieses von der Schwefelsäure nicht angegriffen wird, also, im Sinne der chemischen Theorie gesprochen, der am Zink entwickelten Elektricität nicht entgegenwirkt.

Ausbleiben des Stromes in Fällen der bezeichneten Art *nicht der Wirkungslosigkeit*, sondern einer *eigenthümlichen hemmenden Wirkung* der Flüssigkeit zuschreiben.

Jene Veränderungen von noch unbekannter Art, welche in Aetzkalilauge die elektrische Differenz zwischen Eisen und Platin so gut wie völlig aufheben, sind zum Theil schon von Fechner nachgewiesen [1]).

Einen ferneren Beweis für das Daseyn derselben sehe ich in dem Umstand, dafs, wenn man durch eine solche Kette den Strom einer andern Kette, z. B. einer Grove'schen, leitet, und zwar so, dafs der Sauerstoff des zersetzten Wassers zum Eisen geführt wird, dieser sich (abgerechnet in dem weiterhin beschriebenen eigenthümlichen Fall) nicht mit dem Eisen verbindet, sondern gasförmig an demselben entweicht.

Dasselbe ist der Fall bei einer aus Eisen, Silber und starker Lösung von salpetersaurem Silberoxyd gebildeten Kette, einer Kette, die gleichfalls keine primitive chemische Action und keinen Strom darbietet. Auch hier bewirkt ein durchgeleiteter elektrischer Strom keine Oxydation oder Auflösung des Eisens; vielmehr wird an diesem der Sauerstoff gasförmig entwickelt, und zugleich, wenn der Strom hinlänglich stark ist, Silberhyperoxyd ausgeschieden [2]); während eine Silberplatte, statt dieses Eisens genommen, unter denselben Umständen sich oxydirt und auflöst. Das sonst so leicht oxydirbare Eisen ist es hier also weniger als das Silber; es befindet sich demnach

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 267.

2) Die Ausscheidung dieses Hyperoxydes am Eisen würde sehr anomal seyn, wenn sie eine primäre wäre. Vielleicht ist sie indefs nur eine secundäre, und geschieht so, dafs das Eisen durch den elektrischen Strom aus den passiven Zustand in den activen versetzt wird, als activ durch rein chemische Wirkung etwas Silber auf sich fällt, welches sich nun gleich, unter Einwirkung des Stromes, zu Hyperoxyd oxydirt. Doch ist das Dickerwerden dieser Oxydschicht hienach nicht wohl einzusehen.

in einem der Zustände, die man neuerdings mit dem Namen *passiv* belegt hat [1]).

Obgleich nach diesen Erfahrungen die Wirkungslosigkeit einer Kette aus Eisen, Platin und Aetzlauge nicht mehr auffallend sein kann, so schien es mir doch möglich, dafs die eigenthümliche Wirkung des Aetzkalis, welcher nach der Contacttheorie die Abwesenheit, oder richtiger, die grofse Schwäche des Stromes zugeschrieben werden mufs [2]), mehr das Platin, als das Eisen treffe, mithin ein kräftigerer Strom entstehen werde, wenn man diese Wirkung vom Platin abhalte.

Demgemäfs füllte ich ein poröses Thongefäfs mit Salpetersäure von 1,33 spec. Gew. und stellte es in Kalilauge (1 Gwth. Kali mit 4 Gwth. Wasser), tauchte darauf das Platin in die Säure und das Eisen in das Alkali. Als ich nun die Metalle mit der Sinusbussole ver-

1) Der Mangel eines chemischen Angriffs der Flüssigkeit auf ein Metall bedingt übrigens bei diesem nicht immer einen solchen passiven Zustand. So z. B. ist *Kupfer* mit recht blanker Oberfläche unlöslich in verdünnter Schwefelsäure. Bildet man nun, mit Hülfe eines porösen Thongefäfses, eine Kette aus *Kupfer*, in Schwefelsäure, und *Platin*, in Salpetersäure, so erhält man einen sehr starken Strom, dessen Kraft, zufolge einiger von mir gemachten Messungen, je nach dem Concentrationsgrade der Säuren, von 10,22 bis 12,51 gehen kann (während die einer analogen Grove'schen Kette von 23,99 bis 28,76 geht). Hiebei wird der Sauerstoff des zersetzten Wassers zum Kupfer geführt, aber er entweicht, trotz das Metall in der Säure unlöslich ist, nicht gasförmig an demselben, sondern verbindet sich mit ihm, oxydirt es. Sonderbarerweise wird hiebei weit mehr Oxyd gebildet, als die Säure während der Zeit auflösen kann. Die Säure färbt sich daher nur schwach blau, während das Metall sich mit einer Oxydschicht bekleidet, die, wenn sie eine gewisse Dicke erreicht hat, sich in Schuppen ablöst, um einer neuen Schicht Platz zu machen. So häuft sich dann mit der Zeit unter der Platte, am Boden des Gefäfses, eine ganz beträchtliche Menge Kupferoxyds an.

2) In der That erhält man mit Platin und Eisen in Aetzkalilauge immer einen Strom, besonders wenn das Platin zuvor ausgeglüht worden; nur ist er sehr schwach, und verliert selbst diese geringe Stärke schon nach kurzer Zeit.

band, erhielt ich einen Strom, der mindestens 50 Mal stärker war, als im Fall die beiden Metalle in der Kalilauge standen, und doch erlitt das Eisen, so wenig wie im früheren Fall, einen chemischen Angriff von der Flüssigkeit.

Die Gegner der Contacttheorie pflegen dergleichen Fälle von Stromerregung durch eine chemische Wirkung der Flüssigkeiten auf einander zu erklären. Diese Erklärung ist indefs rein hypothetisch; denn wiewohl es nicht geläugnet werden kann, und noch aus den neueren Versuchen von Fechner hervorgeht [1]), dafs Flüssigkeiten elektromotorisch auf einander wirken, so ist doch gar nicht bewiesen, dafs diese Wirkung aus dem Act der chemischen Verbindung entspringe; sie kann eben sowohl eine Folge des blofsen Contactes seyn.

Es sprechen dafür dieselben Gründe, welche schon bei der Wirkung zwischen Metallen und Flüssigkeiten angeführt wurden: die elektromotorische Kraft, welche zum Vorschein kommt, ist ganz unabhängig von der Gröfse der Berührungsfläche, d. h. von der Menge der sich vereinigenden Flüssigkeiten, und eben so wenig steht sie in einem directen Zusammenhange mit der Intensität der chemischen Verwandtschaft beider Flüssigkeiten, so weit wir diese Verwandtschafts-Intensität beurtheilen können [2]). Man wird gezwungen, auch hier gerade so viel der erregten Elektricität unmittelbar wieder verschwinden zu lassen, oder so viel locale Action zu creiren, als nöthig ist, um die Erfahrung mit der Theorie in Einklang zu bringen.

Indefs ist es Thatsache, dafs Flüssigkeiten elektromotorisch auf einander wirken, und so kann denn auch in dem erwähnten Fall, wo *Eisen*, in *Kalilauge*, und *Platin*, in *Salpetersäure*, mit einander in Berührung stehen, ein Theil des Stroms aus dieser Quelle entspringen.

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 1 und 225.

2) Ebendaselbst, S. 259.

Es kommt nur darauf an, zu zeigen, dafs *nicht* das *Ganze*, sondern blofs ein *Theil* des Stromes diesen Ursprung haben könne.

Einen directen und recht entscheidenden Beweis davon zu geben, ist für jetzt unmöglich, da man keine Methoden besitzt, die elektromotorische Kraft, die sich in Berührung zweier Flüssigkeiten entwickelt, numerisch zu bestimmen.

Das von Fechner angewandte Verfahren kann nur dazu dienen, das Daseyn einer solchen Kraft nachzuweisen, nicht aber die Gröfse derselben zu messen [1]).

Es werden nämlich dazu immer drei Flüssigkeiten *a*, *b*, *c* erfordert, die in der Ordnung *a*, *b*, *c*, *a* einander berühren. Der Strom, den man durch Eintauchung zweier Platinplatten in die beiden äufseren, mit *a* gefüllten Gefäfse erhält, ist demnach das Resultat *dreier* elektromotorischen Kräfte, nämlich zwischen *a* und *b*, *b* und *c*, und *c* und *a*.

Daher machen es denn Fechner's Versuche auch blofs wahrscheinlich, nicht gewifs, dafs Kalilauge und Salpetersäure bei gegenseitiger Berührung nur eine geringe elektromotorische Kraft entwickeln.

Ein besserer Beweis, dafs bei der erwähnten *Eisen-Platin*-Kette wenigstens nicht das Ganze der Kraft aus der wechselseitigen Berührung der Flüssigkeiten entspringe, schien mir, müsse hervorgehen, wenn das *Eisen* in der Kalilauge gegen eine *zweite Platin*platte vertauscht werde.

Eisen und *Platin* werden beide nicht direct von Kalilauge angegriffen. Wenn also in den erwähnten Fällen, der *Strom* oder, genauer genommen, die *elektromotorische Kraft*, blofs aus der gegenseitigen Berührung der Kalilauge und Salpetersäure entsteht, so scheint es, dürfe es keinen Unterschied machen, ob man Eisen oder Platin in die Lauge tauche.

Allein die Erfahrung lehrt das Gegentheil. — Bei

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 5.

Anwendung von *Eisen* ist der *Strom*, wie die *elektromotorische Kraft*, bedeutend *stärker* als bei Anwendung von *Platin*.

Ich habe diese merkwürdige Thatsache auf verschiedene Weise festzustellen gesucht, und halte mich vollkommen von deren Richtigkeit überzeugt.

In Betreff der Stromstärke hat der Nachweis derselben sogar nicht die mindeste Schwierigkeit, da sich schon, ohne alle genauere Messung, aus dem bloſsen Anblick der Ablenkung der Magnetnadel ergiebt, daſs hier das Eisen ein kräftiger positives Metall als das Platin ist.

Allein bei der Bestimmung der elektromotorischen Kraft tritt ein Umstand störend ein, der schon in so vielen Fällen die Beweisführung erschwert, schon zu so manchen irrigen Folgerungen geführt hat.

Der Strom der erwähnten beiden Ketten ist nämlich, ungeachtet die negative Platte derselben in starker Salpetersäure steht, also vor der Polarisation geschützt bleibt, kein constanter, sondern ein abnehmender; und er nimmt bei der Becquerel'schen oder *Platin-Platin*-Kette bei weitem rascher ab als bei der *Eisen-Platin*-Kette.

Gewöhnlich wird die Abnahme der Stromstärke in dergleichen Fällen aus der eintretenden Vermischung beider Flüssigkeiten erklärt. Diese Erklärung mag, wenn man die Flüssigkeiten durch eine sehr dünne, leicht durchdringliche Scheidewand, z. B. thierische Blase, trennt, richtig seyn; allein, wenn man zu dieser Trennung ein poröses Thongefäſs von gehöriger Beschaffenheit anwendet, ist sie bestimmt unrichtig. Als ich bei denselben Flüssigkeiten, welche mir mit zwei Platinplatten einen sehr rasch abnehmenden Strom gegeben hatten, das *Platin* in dem *Kali* schnell durch *Eisen* ersetzte, erhielt ich sogleich einen bei weitem beständigeren Strom, dessen

langsame Abnahme innerhalb einer Stunde keinen rascheren Gang erlangte.

Es ist also klar, dafs bei zweckmäfsiger Einrichtung des Apparats die Abnahme des Stromes dieser Ketten, wenigstens innerhalb der ersten Stunde, nicht aus der erfolgenden Vermischung der Flüssigkeiten hervorgeht, sondern einen andern Grund haben mufs.

Eine genauere Untersuchung hat mich gelehrt, dafs jene Abnahme eine doppelte Ursache hat, nämlich erstens, eine zum Theil bereits von Fechner nachgewiesene, eigenthümliche, im gewöhnlichen Sinn nicht chemisch zu nennende, Einwirkung, welche die Kalilauge schon für sich, also vor dem Schlufs der Kette, sowohl auf das Platin wie auf das Eisen ausübt; und zweitens die sogenannte Polarisation oder die Einwirkung, welche die positive Platte aus jenen Metallen nach dem Schlufs der Kette durch den Strom erfährt. Beide Wirkungen, welche vereint vielleicht noch einen fördernden Einflufs auf einander ausüben, sind beim Platin stärker als beim Eisen, und sie haben zur Folge, dafs der Strom beider Ketten nicht nur unbeständig ist, sondern auch von vorn herein aufserordentlich viel schwächer als er ohne diese Hemmnisse seyn würde.

Hievon habe ich mich durch eine Prüfung mittelst der früher (S. 161 dieses Bandes) beschriebenen Compensationsmethoden überzeugt, deren Resultate ich hier, schon als Beispiel der Anwendung dieser Methoden, näher mitzutheilen für gut halte.

Die compensirende Kette war eine Grove'sche, deren amalgamirte Zinkplatte in Schwefelsäure (1 Gwth. concentrirter und 9 Gwth. Wasser), und deren Platinplatte in Salpetersäure von 1,33 stand. Beide Säuren, durch ein poröses Thongefäfs getrennt, waren am Tage zuvor schon zu einem ähnlichen Versuch gebraucht, da diefs hier keinen störenden Einflufs hatte. Die, 1 Zoll breiten, Platten tauchten etwa 2,5 Zoll tief in die Flüssigkeiten

und standen 0,75 Zoll auseinander, so, dafs die Thonwand sich in der Mitte dieses Abstandes befand. Nachdem sie zu den Compensationen gedient hatte, ergab die Messung ihrer Stromstärke, mittelst der Sinusbussole, folgende Resultate:

Ablenkung	bei Widerstand des Schliefsdrahts.
49° 53′	26″,27 Neusilber von $\frac{1}{6}'''$ Durchm.
35° 36′	36″,27

woraus:

elektromot. Kraft $k' = 24{,}379$
Widerstand $w = 5{,}61$.

Vor den Compensationen, etwa zwei Stunden früher, betrug bei 26″,27 Widerstand die Ablenkung 49° 46′; also besafs der Strom dieser Kette einen sehr bedeutenden Grad von Constanz.

Die inconstante Kette hatte ihre negative (Platin-) Platte in Salpetersäure von 1,33, und ihre positive Platte (erstlich eine von Platin, dann eine von Schmiedeisen) in Kalilösung (1 Gwth. sehr reinen Kalis und 6 Gwth. Wasser). Die in dieser Lösung stehende Platinplatte war zuvor mit Smirgel und Salpetersäure abgescheuert, dann in destillirtem Wasser abgespült und über der Weingeistlampe ausgeglüht. Die Eisenplatte war mit Sand und Salzsäure gescheuert, dann in Wasser abgespült, zwischen Fliefspapier getrocknet, und darauf trocken noch mit Sandpapier abgerieben.

Die Compensationen wurden in doppelter Weise nach den beiden, S. 181 und 186, beschriebenen Methoden ausgeführt. Die positive Platte der inconstanten Kette war verbunden mit der positiven Platte der constanten Kette durch einen Neusilberdraht (den Draht *a* in der Zeichnung S. 181) von 40,83 Zoll Länge und $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser. Es war also $r' = 40{,}83 + w = 46{,}44$. Somit ergaben sich folgende Resultate:

Platin-Platin-Kette.

Zeit.	$r.$	$a.$	$r.\sin a.$	$\frac{r}{r+r'}k'.$
10^h 50′	36,27	17° 10′	10,71	10,69
11 10	27,27	19 16	9,00	9,02.

Eisen-Platin-Kette.

11^h 35′	222,27	5° 19′	20,59	20,17
46	206,27	5 41	20,43	19,90
55	198,27	5 53	20,32	19,75.

Die Zahlen der beiden letzten Kolumnen sind die Werthe der elektromotorischen Kräfte der beiden inconstanten Ketten, wie sie aus der zweifachen Bestimmung hervorgehen [1]). Aus diesen Zahlen erhellt:

1) Dafs die Kräfte dieser Ketten, auch abgesehen von der Wirkung, welche sie bei eintretendem Strome in Folge der sogenannten Polarisation erleiden (einer Wirkung, die allein durch die Compensationsmethoden verhütet werden kann und soll), keine constanten Gröfsen sind, sondern abnehmende, so lange die Kalilauge auf die positiven Platten einwirkt.

2) Dafs die Abnahme der Kraft bei der Platin-Platin-Kette bedeutend schneller erfolgt als bei der Eisen-Platin-Kette. Erstere sank innerhalb 20 Minuten (innerhalb welcher die Kette nicht geschlossen war) von 10,71 auf 9,00, verlor also fast 16 Proc. ihres anfänglichen Werths;

1) Zum näheren Verständnifs dieser und ähnlicher Zahlen, durch welche in vorliegender Abhandlung die elektromotorischen Kräfte ausgedrückt sind, mag hier gesagt seyn, dafs wenn die Widerstände, gemessen in Zollen Neusilberdraht von $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser, einen gleichen Werth wie die elektromotorischen Kräfte erhielten, die Stromstärken also $=1$ würden, diese alsdann eine solche Gröfse hätten, dafs sie durch Wasserzersetzung 14,54 Kubikcentimeter Knallgas bei 0° und $0^m,76$ liefern würden. Mehres hierüber in der Folge, da es sich hier im Grunde nur um die Verhältnisse der elektromotorischen Kräfte handelt.

letztere dagegen kam in derselben Zeit von 20,59 auf 20,32 herab, verlor also nur 1,3 Proc.

Diese Abnahme der Kraft in der Zwischenzeit hat mich abgehalten die Compensationen mit der letzten Genauigkeit vorzunehmen [1]), und daraus hat man die Unterschiede herzuleiten, die sich zwischen den nach beiden Methoden erhaltenen Resultaten vorfinden. Dennoch sind diese Unterschiede immer gering genug, um einerseits die Zuverlässigkeit der Compensationsmethoden zu bewähren und andererseits den Hauptschlufs zu rechtfertigen:

3) *Dafs die elektromotorische Kraft der Eisen-Platin-Kette wenigstens doppelt so stark ist als die der Platin-Platin-Kette, ungeachtet beide Metalle, Eisen und Platin, von der Kalilauge keinen chemischen Angriff im gewöhnlichen Sinne erfahren* [2]).

Die Kraft der Eisen-Platin-Kette ist nicht nur relativ, in Bezug auf die der Platin-Platin-Kette, sondern auch absolut genommen eine sehr bedeutende; denn wie man sieht, beträgt sie etwa vier Fünftel der Kraft einer sehr guten Grove'schen Kette. Sie kann sogar noch

1) Der Draht, welcher den Widerstand r gewährte, wurde für die Eisen-Platin-Kette wegen seiner grofsen Länge nur in ganzen Zollen gemessen, und der Zeitpunkt abgewartet, wo für diese Länge des Drahts, bei momentaner Schliefsung der inconstanten Kette, ein Gleichgewicht zwischen dieser und der constanten Kette eintrat. Dasselbe Verfahren wurde bei der Platin-Platin-Kette befolgt, nur wegen der gröfseren Kürze des Drahts mit erhöhter Sorgfalt. Diefs wird erklären, weshalb bei allen Angaben des Widerstands r die Decimalen 27 vorkommen. Jener Widerstand ist nämlich zusammengesetzt aus dem (in ganzen Zollen genommenen) Draht des Widerstandsmessers und dem Draht der Sinusbussole, der, in Neusilberdraht von $\frac{1}{8}$ Lin. Durchmesser ausgedrückt, gleich 6,27 war.

2) Das Uebergewicht der Eisenkette ist noch gröfser als angegeben, wenn man die positive Platinplatte nicht zuvor ausglüht. Mit einer ungeglühten Platte fand ich die Kraft der Platin-Platin-Kette nur $= 5,53$. Auf die negative, in Salpetersäure stehende Platinplatte hat das Glühen keinen Einflufs.

gröfser seyn, als sie nach obigen Messungen ist, denn diese Messungen geben nicht ihren anfänglichen Werth. In den ersten Minuten nach der Eintauchung des Eisens in die Kalilauge war nämlich die Kraft so stark, dafs für den Widerstand r eine gröfsere Drahtlänge erforderlich war, als der angewandte Widerstandsmesser [1]) darbieten konnte. Es mufste daher mit der Messung gewartet werden, bis die Kraft auf eine zu messende Gröfse herabgesunken war. Das Gesagte bestätigte sich durch eine andere Reihe von Compensationen, bei welchen eine kräftigere Grove'sche Kette (deren $k'=27{,}55$) angewandt wurde, und (weil nun die Drahtlänge des Widerstandsmessers zur Messung von r ausreichte) die Anfangswerthe der Kraft der Eisen-Kette beobachtet werden konnten. Sie ergaben sich successiv $=22{,}61$ und $21{,}93$.

Diese hohe elektromotorische Kraft, welche die *Eisen-Platin-Kette* besitzt, bevor ihr Strom in Wirksamkeit tritt, besonders, wenn das Eisen erst frisch in Kalilauge gestellt ist, steht im sonderbaren Widerspruch mit derjenigen Kraft, die sie nach eingetretenem Strome, selbst kurze Zeit nach dem Schlufs der Kette, zeigt. Diese beträgt nicht viel mehr als ein Viertel von jener.

Eine Messung, unternommen nach der Ohm'schen Methode, die freilich wegen der Unbeständigkeit des Stroms keine ganz genauen Resultate liefern konnte, doch aber wegen der langsamen Abnahme der Stromstärke wenigstens zu sehr angenäherten Werthen führen mufste, gab:

Ablenkung	bei Widerstand.
8° 15′	26,27
5 25	46,27

also die elektromotorische Kraft $=5{,}52$.

Das Eisen stand hiebei in einer Lösung von 1 Th.

1) Annal. Bd. LII S. 511.

Kali in 6 Th. Wasser, wie zuvor. Eine frühere Messung, bei welcher diese Lösung 1 Th. Kali auf 4 Th. Wasser enthielt, die Stromstärke vielleicht sich auch auf einer anderen Stufe befand, gab für die elektromotorische Kraft die Zahl =6,87.

Beide Werthe bleiben, wie man sieht, weit unter dem, welchen man findet, wenn die Polarisation ausgeschlossen wird, und sie zeigen daher auf eine lehrreiche Weise, wie wenig man, bei einer inconstanten Kette, aus der gemessenen Stromstärke oder der während des Stroms bestimmten elektromotorischen Kraft auf die ursprüngliche Kraft und deren Quelle einen sicheren Schlufs zu ziehen vermag.

Dieselbe Erscheinung zeigt übrigens auch die *Platin-Platin-Kette.* Auch bei ihr ist die elektromotorische Kraft nach eingetretenem Strom ungleich schwächer als vor Eintritt desselben. Die durch die Polarisation geschwächte Kraft ist zwar im Verhältnifs zu der ursprünglichen etwas gröfser als bei der Eisen-Platin-Kette; allein dennoch beträgt sie kaum die Hälfte von der geschwächten Kraft der letzteren Kette, so dafs das Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte beider Ketten, vor oder nach Eintritt des Stroms, in der Hauptsache dasselbe bleibt.

Immer entwickelt das Eisen eine beinahe doppelt so grofse elektromotische Kraft als das Platin, ungeachtet weder das eine noch das andere dieser Metalle eine eigentlich chemische Einwirkung abseiten der Kalilauge erfährt. — Gewifs wird diese Erscheinung ein schwer zu lösendes Räthsel bleiben für eine Theorie, welche die Verschiedenartigkeit der physikalischen Natur der Metalle ganz aufser Acht läfst, für welche alle Metalle gleich sind, und gleich seyn müssen, sobald sie nur von der Flüssigkeit keinen oder einen gleichen chemischen Angriff erfahren.

Die eben mitgetheilten Resultate zeigen gewifs zur Genüge, dafs, bei den mit Kalilösung und Salpetersäure (so wie überhaupt mit zwei, gegen die eingetauchten Metalle chemisch indifferenten Flüssigkeiten) construirten Ketten, nur ein Theil, und zwar der kleinere Theil der erregten Elektricität aus der gegenseitigen Einwirkung dieser Flüssigkeiten herzuleiten ist. Denn angegenommen, die Kraft der *Platin-Platin-Kette* entspränge ganz aus dieser Quelle, so würde doch das, um was diese Kraft von der der *Eisen-Platin-Kette* übertroffen wird, nicht auf diese Ursache zurückzuführen seyn; allein selbst bei der ersteren Kette kann die Kraft nur zum Theil aus jener Quelle stammen (dafür sprechen schon die allmäligen Veränderungen der Kraft, die, wie gezeigt, nicht aus der langsamen Vermischung der Flüssigkeiten erfolgen), und sogar von diesem Theil ist es nicht erwiesen, dafs er seine Entstehung dem Act der chemischen Verbindung der Flüssigkeiten verdanke. Mithin wird man immer, selbst wenn man der chemischen Action einen directen Antheil an der Erregung Volta'scher Ströme zugestehen will, noch, neben dieser, eine von ihr unabhängige Ursache dieser Ströme zulassen müssen, die, mindestens in vielen Fällen, eben so mächtig ist als die chemische Action!

Die obigen Thatsachen geben übrigens von dem eingangs dieser Abhandlung erwähnten Satz, dafs die elektromotorische Kraft einer Volta'schen Kraft dem primitiven chemischen Angriff der Flüssigkeit auf das positive Metall nicht proportional gehe, neue Bestätigungen, besonders wenn man sie mit einigen anderen von mir gemachten Betrachtungen vergleicht.

Messungen der elektromotorischen Kräfte von Ketten aus *Zink-Platin* oder *Eisen-Platin* mit zwei Säuren in verschiedenen Concentrationsgraden, nach der Ohm'schen Methode unternommen, da diese Ketten sehr constante Ströme liefern, gaben mir folgende Resultate:

Schwe-

Säuren. (W bedeutet die Gewichtsmenge Wasser, mit der 1 Gwth. concentrirter Schwefelsäure verdünnt war.)	Elektromotorische Kraft. Zink-Platin.	Eisen-Platin.
Schwefelsäure + 4 W. u. rauchende Salpeters.	28,76	19,21
Schwefelsäure + 4 W. u. Salpeters. von 1,33	26,61	18,29
- - + 12 W. - - - 1,33	25,44	17,57
- - + 4 W. - - - 1,19	24,73	17,01
- - + 12 W. - - - 1,19	23,99	16,84

Vergleicht man nun mit den Zahlen der letzten Spalte die Resultate, welche für die Kette aus *Eisen*, in *Kalilauge*, und *Platin*, in *Salpetersäure*, erhalten wurden, so sieht man, dafs die elektromotorische Kraft dieser letzteren Kette gröfser war, als die jeder der Ketten, bei welchen das Eisen in Schwefelsäure stand, also eine chemische Auflösung erfuhr.

Wohl gemerkt gilt das nur von der Kraft der Kalikette, bevor man ihrem Strom freien Lauf läfst; nachher ist sie, wie angeführt, wegen der eintretenden Polarisation, die durch den Mangel eines Angriffs von Seiten des Alkali auf das Eisen veranlafst oder begünstigt wird, bei weitem geringer als bei denjenigen Ketten, wo Säure auf das Eisen auflösend wirkt.

Anders verhält es sich mit der analogen Zink-Kette. Eine Kette aus amalg. *Zink*, in Kalilauge (1 Th. Kali und 4 Th. Wasser), und *Platin*, in Salpetersäure von 1,33, besitzt eine Kraft =34,9, also eine Kraft, die fast ein *Viertel stärker ist als die der stärksten*, *bisher dargestellten Kette*, d. h. der mit rother rauchender Salpetersäure construirten Grove'schen. Diese Kraft zeigt sie nach eingetretenem Strome, und zwar mit grofser Constanz, so dafs diese Kette sogar in practischer Hinsicht Beachtung finden könnte (zumal man das Zink nicht gerade zu amalgamiren braucht), wenn nicht andererseits die Kalilauge zu kostbar wäre, und die Thongefäfse durch den in ihren Poren sich bildenden und krystallisirenden

Salpeter zu schnell zertrümmert würden. Und doch wird das Zink von der Kalilauge bei weitem weniger angegriffen als von der Schwefelsäure!

Zum Schlufs dieses Abschnitts noch eine Bemerkung. Ich habe mehrmals gesagt, dafs wir durch keine Thatsachen berechtigt sind, die Wirksamkeit der Ketten, welche aus *Kalilösung*, *Salpetersäure* und einem oder zwei von diesen Flüssigkeiten nicht aufgelöst werdenden Metallen gebildet sind, von dem Act der Verbindung des Alkalis mit der Säure abzuleiten. Einen, wie ich glaube, sprechenden Beweis für diese Behauptung liefern ähnliche Ketten, in denen die Salpeteräure durch *Schwefelsäure* ersetzt ist. Die Schwefelsäure hat, nach allgemeiner Annahme, eine gröfsere Verwandtschaft zum Kali als die Salpetersäure. Wenn also der Act der chemischen Verbindung zwischen Kali und Säure die Ursache des Stromes wäre, so müfste, sollte man meinen, die mit Schwefelsäure construirte Kette eine gröfsere elektromotorische Kraft entwickeln als die mit Salpetersäure.

Das ist aber keineswegs der Fall. Davon habe ich mich durch directe Messung der elektromotorischen Kräfte nach der Compensationsmethode auf's Bestimmteste überzeugt, und zwar sowohl für die Combination *Platin-Platin*, als für die *Eisen-Platin*. Beide Platinplatten waren zuvor gereinigt und ausgeglüht. Die Kalilösung, in welche folgweise eine der Platinplatten und die Eisenplatte gestellt wurde, enthielt ein Siebentel ihres Gewichts Kali, wie vorhin; die Schwefelsäure ein Fünftel ihres Gewichts concentrirter Säure. Beide waren durch ein Thongefäfs getrennt. Die compensirende Kette war wiederum eine Grove'sche. Somit ergaben sich folgende Resultate;

Platin-Platin.

$$r = 30{,}27 \; ; \; \alpha = 14^\circ\ 43' \; ; \; r . \sin\alpha = 7{,}690.$$

Eisen-Platin.

$r = 170{,}27$; $\alpha = 5^\circ\ 56'$; $r.\sin\alpha = 17{,}601$
$r = 90{,}27$; $\alpha = 9^\circ\ 1$; $r.\sin\alpha = 14{,}147$
$r = 86{,}27$; $\alpha = 9^\circ\ 13$; $r.\sin\alpha = 13{,}858$.

Vergleicht man diese Zahlen mit denen, welche bei den analogen, mit Salpetersäure construirten Ketten gefunden wurden, so sieht man:

1) *dafs die Schwefelsäure, ungeachtet ihrer gröfseren Verwandtschaft zum Kali, mit beiden Metall-Combinationen eine geringere elektromotorische Kraft entwickelt als die Salpetersäure;*

2) *dafs auch hier die Combination Eisen-Platin eine gröfsere elektromotorische Kraft besitzt als die Platin-Platin, ungeachtet das Eisen, so wenig wie das Platin, einen chemischen Angriff von der Kalilauge erleidet.*

Endlich ersieht man aus den verschiedenen Werthen, die für das *Eisen-Platin* angegeben sind, dafs, auch in diesem Fall, die Metalle eine von der Polarisation unabhängige (im gewöhnlichen Sinn nicht chemisch zu nennende) Einwirkung abseiten der Flüssigkeiten erleiden, welche die elektromotorische Kraft schwächt, desto mehr, je länger sie dauert. Zu *dieser* Einwirkung tritt nun noch, wenn man dem Strome der Kette freien Lauf läfst, die Polarisation hinzu, welche, bei Anwendung von Schwefelsäure, sich auf beide Platten der Kette wirft, und dadurch den Strom so schwächt, dafs dessen Existenz, bei Anwendung dieser Säure, sogar von einigen Physikern bezweifelt worden ist.

Bildung der Eisensäure auf galvanischem Wege.

Die eben beschriebenen Versuche haben mir noch Gelegenheit gegeben, eine Thatsache zu beobachten, die in physikalischer und chemischer Hinsicht von gleichem Interesse ist.

Das zu diesen Versuchen angewandte *Eisen* war *Schmiedeisen*, Eisenblech von der besten Qualität. Ein solches Eisen, in Kalilauge gestellt und mit dem in Salpetersäure stehenden *Platin* verknüpft, giebt Sauerstoffgas, ohne daſs, wie schon bemerkt, eine Oxydation an demselben stattfindet.

Dasselbe ist der Fall mit *Graphit*, *Platin*, *Palladium*, *Gold*, *Nickel*, *Kobalt* und *Zinn*, wenn sie statt des Eisens genommen werden.

Auch *Silber*, *Kupfer*, *Antimon*, *Wismuth*, *Blei*, *Kadmium*, und was gewiſs merkwürdig ist, selbst *Zink*, liefern Sauerstoffgas; aber neben dieser Gasentwicklung findet noch eine sichtbare Oxydation, ein Anlaufen der Metalle statt.

Besonders auffallend ist diese Erscheinung beim *Silber* und *Blei*. Beide Metalle bekleiden sich rasch mit einem schwarzen Ueberzug (beim Silber wahrscheinlich aus Hyperoxyd bestehend), und erst nachdem dieser Ueberzug sich gebildet hat, tritt die Sauerstoffentwicklung ein.

Ganz anders, wie alle die eben genannten Metalle, verhält sich aber das *Guſseisen*, welches ich zufällig gerade zuerst zu meinen Versuchen genommen hatte.

Das Guſseisen hüllt sich sogleich in eine schön weinrothe Atmosphäre ein, die sich in dunklen Wolken durch die ganze Flüssigkeit verbreitet, und diese nach kurzer Zeit so tief färbt, daſs sie fast schwarz erscheint, und die schöne Medocfarbe nur noch an den Rändern beim Durchsehen nach einem hellen Gegenstand erblicken läſst. Auf die Concentration der Kalilauge kommt es hiebei wenig an; sehr schön erhielt ich die Erscheinung bei einer Lösung von 1 Gwth. Kalihydrat in 4 Gwth. destillirten Wassers.

Wenn man die Kalilauge absondert und genau betrachtet, so bemerkt man ein schwaches Petilliren in sehr kleinen Bläschen, und zugleich verändert die Flüs-

sigkeit ihre Farbe. Sie wird braunroth, trübe, und nach einiger Zeit, manchmal nach einer halben Stunde, hat sie sich ganz entfärbt, während auf den Boden ein brauner Niederschlag abgesetzt ist.

Diese Veränderung wird nicht durch den elektrischen Strom verhütet, denn sie tritt schon ein, während noch das Eisen mit dem Platin zur Kette geschlossen ist. Sehr rasch, sogar augenblicklich, erfolgt sie dagegen, so wie man die Kalilauge bis zum Sieden erhitzt. Eben so wird die rothe Flüssigkeit durch eine hineingestellte Zinkplatte nach kurzer Zeit vollständig entfärbt.

Anfänglich war ich geneigt die obige Erscheinung auf Rechnung eines Mangangehalts des Eisens zu setzen; allein eine nähere Betrachtung der Umstände und besonders eine chemische Untersuchung des mit der Zeit sich absetzenden braunen Niederschlags, die nichts als Eisenoxyd darin erkennen liefs, gab die Ueberzeugung, dafs die Färbung der Flüssigkeit nur von *Eisensäure* oder vielmehr von *eisensaurem Kali* herrühren konnte [1]).

Die Bildung der Eisensäure unter diesen Umständen ist wohl leicht zu erklären; man mufs sie auf Rechnung der sogenannten praedisponirenden Verwandtschaft setzen, die hier, unter Einflufs des elektrischen Stromes, den Sauerstoff entweder unmittelbar mit dem Eisen verbindet, da hier der entstehenden Säure sogleich Kali dargeboten wird, oder zuvörderst *Kaliumhyperoxyd* bildet, und durch dieses die Er[illegible]ng des eisensauren Kali vermittelt [2]).

Dennoch aber bleibt [illegible]rocefs in doppelter Rücksicht recht interessant, einm[illegible] weil sich hier auf galvanischem Wege eine Säure mit so grofser Leichtigkeit bildet, die Frémy, ihr Entdecker, und andere Chemi-

1) Manganhyperoxyd (Graubraunsteinerz), statt des Eisens genommen. entwickelt in der Hauptsache auch nichts als Sauerstoffgas. Erst nach längerer Zeit bemerkt man in der Kalilauge vereinzelt einen schwach gefärbten Faden, aber nicht von rother, sondern von grüner Farbe.

2) Dafür möchte sprechen, dafs man mit Ammoniak keine Eisensäure bekommt.

ker durch rein chemische Mittel bisher nur höchst schwierig haben darstellen können, — und dann, weil sie nur mit Gufseisen, nicht mit Schmiedeisen, entsteht.

Dieser letzte Umstand ist gewifs sehr räthselhaft. Ich habe mannigfaltige Versuche gemacht, um auf den Grund der Erscheinung zu kommen, aber bisher sind sie alle fruchtlos gewesen.

Niemals ist es mir gelungen aus *Schmiedeisen* Eisensäure darzustellen, eben so wenig aus *Stahl* [1]).

Ja, nicht einmal jedes Gufseisen lieferte die Säure. Von viererlei Eisen, aus denen ich mir in der Königl. Eisengiefserei hieselbst hatte Platten verfertigen lassen, zeigten nur zwei die Erscheinung, nämlich das *Wiesenerzeisen* und das *englische Roheisen.* Dagegen gab *schlesisches Coak*-Eisen gar keine Eisensäure, und *schlesisches Holzkohlen*-Eisen nur eine höchst unbedeutende Spur.

Anfangs glaubte ich die Stärke des elektrischen Stromes bedinge die Verschiedenheit, und maafs daher dieselbe bei einer aus *Schmiedeisen*, und einer aus *Gufseisen* gebildeten Kette.

Allein die Messung ergab für die *Gufseisen*-Kette, also für den Fall der *Bildung* von *Eisensäure*, nur eine sehr unbedeutend gröfsere Stromstärke und elektromotorische Kraft als für eine *Schmiedeisen*-Kette von gleichen Dimensionen.

Ich konnte auch den Strom der *Gufseisen*-Kette, durch Verlängerung des Schliefsdrahtes, bedeutend schwächer machen als den der *Schmiedeisen*-Kette, und dennoch fuhr die erstere fort, Eisensäure zu bilden, während die letztere keine gab.

Die nahe Gleichheit der Stromstärke beider Eisen-

1) Beim Stahl sah ich zuweilen einen vereinzelten rothen Faden, und beim Schmiedeisen, wenigstens bei der von mir angewandten Gattung, zeigte die Flüssigkeit erst nach langer Unterhaltung der Operation eine so geringe Spur von Färbung, dafs sie nur durch den Vergleich mit nicht gebrauchter Kalilauge merkbar war.

ketten, bei Gleichheit ihrer Dimensionen, scheint mir in theoretischer Hinsicht von Interesse zu seyn, denn sie zeigt dafs es für die Stromstärke (und auch elektromotorische Kraft) gleichgültig ist, ob die abgeschiedenen Stoffe (hier der Sauerstoff) frei entweichen oder sich mit den Metallen verbinden. Sie widerlegt die von Grove und Anderen aufgestellte Ansicht, als werde das Wasser leichter durch den elektrischen Strom zersetzt, wenn der Sauerstoff Gelegenheit findet, sich mit dem positiven Metall der Kette zu vereinigen. Auch möchte sie überhaupt wohl nicht die Ansicht unterstützen, dafs bei der chemischen Verbindung zweier Körper viel Elektricität erregt oder verschluckt werde.

Uebrigens ist eine gewisse Intensität des Stroms zur Bildung der Eisensäure nöthig. Als ich zwei gufseiserne Platten in Kalilauge tauchte und darauf mit den Metallen einer einfachen Grove'schen Kette verband, war der Strom, vermöge der Dimensionen des Systems, nur schwach. In diesem Fall bildete sich auch nur wenig Eisensäure. Dagegen entstand Oxyd auf der positiven Platte, was mir beim Schmiedeisen nicht vorgekommen ist, und beweist, dafs, unter diesen Umständen, das Gufseisen eine gröfsere Neigung zur Oxydation besitzt als das Schmiedeisen.

Ueberhaupt ist das Gufseisen, besonders dasjenige, welches Eisensäure liefert, leichter löslich in Säuren als das Schmiedeisen, vielleicht wegen der beigemengten Kohlentheilchen, die möglicherweise galvanische Actionen auf die Eisentheilchen ausüben, und so die Auflöslichkeit dieser auf eine ähnliche Art befördern, wie das gewöhnliche Zink durch seine Beimengungen löslicher ist als das destillirte Zink [1]). Vielleicht ist das der Grund, warum gerade das Gufseisen Eisensäure bildet.

Andererseits ist eine erhöhte Intensität des Stroms, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, der Bildung

1) Annal. Bd. XIX S. 221.

der Eisensäure nicht schädlich. Wenn man zwei Grove'sche Ketten zur Säule verbindet und den Strom dieser Säule mittelst gufseiserner Platten in Kalilauge leitet, so erhält man die Eisensäure sehr leicht und reichlich [1]).

Ich halte sogar diese Darstellungsweise für viel besser als die anfänglich angewandte, da man dabei die Kalilauge nicht mit einem Thongefäfs in Berührung zu setzen braucht, also die erstere nicht verunreinigt und das letztere nicht zertrümmert, was unfehlbar immer nach einiger Zeit geschieht.

Ein geringer Nachtheil dieser Darstellungsweise besteht darin, dafs ein Theil der gebildeten Eisensäure wieder verloren geht, nämlich durch Reduction derselben an der negativen Platte. Dieser kleine Verlust wird aber reichlich aufgewogen durch die gröfsere Menge von Säure, die sich an der positiven Platte bildet.

Ich sage: kleiner Verlust. Diefs kann auffallend klingen, denn man könnte meinen, es müfste an der negativen Platte gerade so viel Eisensäure zersetzt werden, als an der positiven gebildet wird. Das ist aber nicht der Fall (vermuthlich deshalb, weil die Eisensäure offenbar kein Elektrolyt ist). Immer wird an der negativen Platte mehr Wasserstoff entwickelt als Eisen abgeschieden, also wird mehr Wasser als Eisensäure zersetzt.

Andererseits wird an der positiven Platte, *unter allen Umständen*, man mag eine einfache Kette oder eine Säule anwenden, immer, neben der Eisensäure, auch *Sauerstoff* gasförmig entwickelt, und zwar bei der Säule mehr als bei der Kette.

1) Eine lehrreiche Abänderung dieses Verfahrens besteht darin, dafs man, statt der beiden gufseisernen Platten, eine Platte von Gufseisen und eine von Schmiedeisen nimmt. Verbindet man sie nun anfänglich so mit der Säule, dafs der Sauerstoff zur letzteren geführt wird, so entweicht derselbe gasförmig an ihr. Vertauscht man darauf die Platten gegen einander, so bekommt man Eisensäure.

Es wäre demnach wohl möglich, dafs man bei *hinlänglicher Steigerung* der Intensität des Stroms, selbst mit Gufseisen, zuletzt nur *Sauerstoffgas* und keine *Eisensäure* bekäme.

Diese nebenhergehende Sauerstoffentwicklung ist ein Uebelstand, in sofern sie verhindert, die Zusammensetzung der Eisensäure auf galvanischem Wege zu bestimmen.

Klar ist nämlich, dafs die zum positiven Pol geführte Sauerstoffmenge das Aequivalent von der am negativen Pole entwickelten Wasserstoffmenge ist. Würde nun die erstere gänzlich mit dem Eisen verbunden, gleichviel ob *vorübergehend* oder *bleibend*, so liefse sich aus letzterer der Sauerstoffgehalt der Eisensäure berechnen, während deren Eisengehalt sich aus dem abgeschiedenen Eisenoxyd ergäbe.

Das freie Entweichen von Sauerstoff, und auch die Ungewifsheit, ob blofs *eine* Eisensäure gebildet werde, erlauben aber nicht die Anwendung dieser Methode.

Die aufserordentlich leichte Zersetzbarkeit der Säure hat mich abgehalten, irgend einen Versuch zu ihrer oder ihres Salzes Abscheidung zu machen. Wenn eine solche Abscheidung überhaupt möglich ist, so wird sie sich wahrscheinlich nur in sehr niedriger Temperatur bewerkstelligen lassen.

Schliefslich erlaube ich mir noch die Vermuthung auszusprechen, dafs die Eisensäure, welche bekanntlich auch, wenn gleich in geringer Menge, in hoher Temperatur entsteht, in der Natur gebildet vorkommen möge, z. B. als das Färbende im Amethyste, worin, freilich ältere, Analysen, aufser Kieselerde, auch Eisen, neben einer Spur von Mangan aufgefunden haben.

V. *Neue Untersuchungen über die Eigenschaften der discontinuirlichen elektrischen Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung; von Hrn. Prof. A. De la Rive.*

(Fortsetzung von S. 254.)

Zweiter Theil. — Studium der Erscheinungen, welche die discontinuirlichen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme beim Durchgange durch eine aus metallischen und flüssigen Leitern gebildete Kette hervorbringen [1]).

Erster Abschnitt. — Vorläufige Untersuchung über die Oxydation des Platins.

In meiner früheren Abhandlung schrieb ich die Bildung der pulverförmigen Schicht auf der Oberfläche der Platindrähte, die zur Leitung der magneto-elektrischen Ströme in eine Flüssigkeit gedient haben, den folgweisen Oxydationen und Reductionen zu, welche die Metallfläche, vermöge der von diesen Strömen bewirkten Wasserzersetzung, durch die abwechselnde Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff erleidet. Ich hatte auch die Idee ausgesprochen, dafs, wenn die Oxydirbarkeit des Platins nicht schon früher erkannt worden, diefs davon herrührte, dafs man die blofs oberflächliche Oxydation, deren allein die sogenannten *nicht-oxydirbaren* Metalle fähig sind, nicht unterschieden hätte von der Oxydation der *oxydirbaren* Metalle, einer Oxydation, die vermöge

1) Die grofse Länge der vorliegenden Abhandlung nöthigt mich bei diesem zweiten Theil einiges Aufserwesentliche fortzulassen.
P.

einer gleichsam wahrhaften Cementation, mehr oder weniger tief unter ihre Oberfläche eindringt. Folgendes sind in Kürze die Beweggründe zu diesen Schlüssen:

1) Jene Erscheinung stellt sich genau auf dieselbe Weise bei den bestimmt oxydirbaren Metallen ein, z. B. beim *Kupfer* und *Silber;* nur bildet sich auf diesen Metallen die pulverförmige Schicht rascher und die anfangs stattfindende Gasentwicklung hört fast sogleich wieder auf, während sie bei Gold- und besonders bei Platindrähten sehr lange dauert.

2) Es tritt indefs ein Moment ein, wo auch bei Gold- und Platindrähten die Gasentwicklung aufhört, und sie hört auf, selbst bei den übrigen Metallen, wenn die Oberfläche sehr zertheilt ist, also die Oxydation und folglich die Reduction des Metalls sehr leicht geworden ist; nur bedarf es beim Platin einer längeren Zeit als bei den übrigen Metallen, um zu den Punkt zu gelangen, wo sich die Gase nicht mehr zeigen.

3) Fährt man, selbst nachdem die Gasentwicklung aufgehört hat, mit dem Durchleiten der magneto-elektrischen Ströme fort, so gewahrt man eine rasche Farbenveränderung an der Oberfläche der Gold- und Platindrähte, ähnlich der, welche man, unter gleichen Umständen, an der Oberfläche oxydirbarer Metalle, besonders des Silbers, bemerkt. Die Farbenveränderungen entsprechen genau der durch die Ströme bemerkten abwechselnden Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff, und folglich der abwechselnden Oxydation und Reduction des Metalls.

Die vorstehenden Thatsachen, zu denen ich durch die Versuche in meiner früheren Abhandlung gelangt war, schienen mir, wie gesagt, noch nicht genügend, um die Oxydation des Platins unter unmittelbarer Wirkung des Sauerstoffs als Satz zu begründen. Ich habe daher den Gegenstand wieder aufgenommen, um ihn näher zu studiren.

I. Wirkung des an dem positiven und negativen Pol einer Säule entwickelten Sauerstoffs und Wasserstoffs auf das Platin.

Um die Oxydation des Platins direct zu erweisen, versuchte ich eine grofse Fläche desselben der Wirkung des freiwerdenden Sauerstoffs auszusetzen, indem ich mich derselben als positiven Pol einer Säule in gesäuertem Wasser bediente und sie darauf zum negativen Pol versetzte. Als diesen zweiten Pol hatte ich einen sehr dünnen und sehr kurzen Platindraht genommen, um so zwischen beiden Oberflächen die gröfst mögliche Verschiedenheit herzustellen. Ich sammelte sorgfältig das an jedem der Pole sich entwickelnde Gas für sich in einer graduirten Glasröhre, und wenn das Verhältnifs zwischen Sauerstoff und Wasserstoff nicht genau das der Zusammensetzung des Wassers war, so schlofs ich, dafs das Gas, welches sich in ungenügender Menge zu diesem Verhältnifs vorfand, zur Oxydation oder Desoxydation der grofsen Platinfläche verbraucht worden war, je nachdem am Sauerstoff oder Wasserstoff fehlte.

Ich machte diese Versuche nach einander mit Salpetersäure und Schwefelsäure, verdünnt mit 9 Th. Wasser; Säure und Wasser waren vollkommen rein. Die Resultate schienen mir entscheidender bei der Schwefelsäure, weil bei dieser das Wasser allein zersetzt wird, während bei der Salpetersäure ein Theil der Säure selbst eine Zersetzung erleidet, und nicht blofs Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt werden; es könnte sich darunter etwas Stickstoffoxyd und selbst Stickstoff befinden. Uebrigens würde man diesen Uebelstand durch Anwendung einer sehr verdünnten Salpetersäure vermeiden, aber man bedürfte alsdann einer sehr starken Säule.

Nachdem ich eine 20 Centimet. lange und 3 Centim. breite Platinplatte gereinigt [1]) und mit destillirtem Was-

1) Zur Reinigung der Platinflächen habe ich beständig das von Faraday angegebene Verfahren befolgt. Diefs besteht darin, dafs man die Platten roth glüht, sie, während des Glühens mit einem Stücke

ser abgewaschen hatte, rollte ich sie spiralförmig auf und tauchte sie in die verdünnte Schwefelsäure, unter einer graduirten und mit derselben Säure gefüllten Glasröhre; ein sehr dünner und sehr kurzer Platindraht tauchte, unter einer ebenfalls graduirten Röhre, in dieselbe Säure. Mittelst Platindrähte, die in Glasröhren eingeschlossen waren, so dafs die aus der Zersetzung der Flüssigkeit entstehenden Gase gänzlich in den graduirten Röhren aufgefangen wurden, setzte man jene Platte und jenen Draht mit den Polen der Säule in Verbindung.

Zuvörderst wurde die Platte mit dem Minus-Pol und der Draht mit dem Plus-Pol verbunden; man erhielt nun an der Platte genau 100 Cubikcentimeter Wasserstoff und an dem Draht 50 Sauerstoff. Man vertauschte die Pole. Es entwickelten sich an der Platte 16 Cubikcentimeter Sauerstoff und an dem Draht 41 Wasserstoff. Es fehlten also $4\frac{1}{2}$ C. C. Sauerstoffgas, welche die Platte aufgenommen hatte. Dieser Sauerstoff konnte nicht zur Verbindung von Wasserstoff, den die Platte etwa als negativer Pol zurückgehalten hatte, verbraucht worden seyn. Denn da beim ersten Versuch kein Wasserstoff fehlte, so war keiner an der Platte hängen geblieben. Ueberdiefs traf man bei diesen, wie bei allen folgenden Versuchen die Vorsicht, die Platten stark zu erschüttern, damit alles an den Platten hängende Gas abgesondert werden möchte.

Bei einem anderen Versuch brachte man die Platte, nachdem sie, wie immer, sorgfältig gereinigt worden war, zuvörderst mit dem Plus-Pol und den Draht mit dem Minus-Pol in Verbindung. Man erhielt 8 C. C. Sauerstoff an der Platte und 20 Wasserstoff am Draht; es fehlten also 2 C. C. Sauerstoff. Bei Vertauschung der Pole erhielt man 10 C. C. Sauerstoff am Draht und 15 bis 16 Wasserstoff an der Platte. Es fehlten also 4 bis

Kali reibt, darauf in kochende Schwefelsäure taucht, und nun lange mit fortwährend erneutem destillirtem Wasser wäscht.

5 C. C. Wasserstoff, also fast das Doppelte oder das Aequivalent des verschwundenen und zur oberflächlichen Oxydation der Lamelle verbrauchten Sauerstoffs.

Dieselben Versuche machte ich bei Anwendung eines schwach durch Salpetersäure angesäuerten Wassers. Die Platinplatte war, wie immer, sorgfältig gereinigt und spiralförmig aufgerollt; der Platindraht hatte nur 4 bis 5 Millim. Länge. Nach Verbindung des negativen Pols mit dem Draht und des positiven mit der Platte, erhielt ich 87 C. C. Wasserstoff am Draht und nur 40 Sauerstoff an der Platte; es fehlten also 3,5 C. C. Sauerstoff. Ich liefs den Apparat 24 Stunden stehen, Draht und Platin in die Flüssigkeit eingetaucht, ohne daran etwas zu ändern. Auf's Neue den Plus-Pol mit der Platte und den Minus-Pol mit dem Draht verbindend, erhielt ich 40 C. C. Sauerstoff an der Platte und 80 Wasserstoff an dem Draht, zum Beweise, dafs die Tags zuvor an der Platinfläche gebildete Sauerstoffschicht sich erhalten hatte, ungeachtet der Berührung mit dem schwach gesäuerten Wasser. Als aber der Minus-Pol mit der Platte und der Plus-Pol mit dem Draht verbunden ward, erhielt ich 50 C. C. Wasserstoff an der Platte und 29 am Draht; es fehlten also 8 C. C. Wasserstoff, fast das Aequivalent des an der Platte zurückgebliebenen Sauerstoffs. Bei jedem dieser Versuche sorgte ich dafür, den Theil der Flüssigkeit, der in der getheilten Röhre die Platte oder den Draht umgeben hatte, zu erneuen, ohne Platte und Draht der Luft auszusetzen, damit die Umstände der Versuche allemal dieselben waren.

Hier noch einige Versuche mit Wasser, welches ein Zehntel seines Volums Schwefelsäure enthielt.

Bei einer sehr schwachen Säule setzte man den Plus-Pol mit der Platte und den Minus-Pol mit den Draht in Verbindung; man erhielt 20 Maafs Wasserstoff und nur 6 Sauerstoff; es fehlten also 4. Nun verband man bei einer stärkeren Säule den Plus-Pol mit dem Draht,

den Minus-Pol mit der Platte. Man erhielt 5 Maafs Sauerstoff und 6 Wasserstoff; es fehlten also 4 Maafs Wasserstoff, was beweist, dafs die Platte nur 2 Maafs Sauerstoff aufgenommen und behalten hatte, wenigstens in dem Theil, wo der Wasserstoff reducirend wirkte. Bei abermaliger Verbindung der Pole in derselben Weise erhielt man 8 M. Sauerstoff am Draht und 16 Wasserstoff an der Platte. Als endlich eine der Luft ausgesetzt gewesene Platte mit dem Minus-Pol und der kurze Draht mit dem Plus-Pol verbunden ward, erhielt man nur 5 Maafs Wasserstoff gegen 5 Sauerstoff. Es fehlten also 5 Maafs Wasserstoff die zur Reduction der schwach oxydirten Oberfläche des Platins verbraucht worden waren.

Eine wohl gereinigte Platte wurde an den Minus-Pol und der Draht an den Plus-Pol gebracht; es zeigte sich ein kleiner, fast unwahrnehmbarer Verlust am Wasserstoff. Man vertauschte die Pole; anfangs erschienen 10 Wasserstoff und nur 3 Sauerstoff; nach einer Secunde aber 20 Wasserstoff und 9 Sauerstoff, im Ganzen also 30 Wasserstoff und 12 Sauerstoff; es fehlten also 3 Sauerstoff. Man setzte den Versuch fort unter bisweiliger Vertauschung der Pole; immer fehlten einige Maafse von demjenigen Gase, welches sich an der Platte entwickelte. Diefs Verschwinden fand aber nicht mehr statt, wenn die Platte schon einige Zeit zur Entwicklung desselben Gases gedient hatte.

Bemerken mufs ich, dafs wenn ich an der Platte den positiven mit den negativen Pol vertauschte, die verschwindenden Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff nicht immer genau aequivalent waren. Ich leite diese Unterschiede theils davon ab, dafs die Flüssigkeit etwas Sauerstoff löst, theils davon, dafs der Strom sich nicht gleichförmig über alle Punkte einer Platte ausbreitet, besonders wenn sie grofs ist; es kann mithin geschehen, dafs alle Punkte der Platte, die mit einem der Gase bekleidet wurden, es nicht genau mit dem andern werden.

Vielleicht löst sich auch ein Theil des gebildeten Oxyds in dem gesäuerten Wasser, und diefs erklärt, weshalb verhältnifsmäfsig immer mehr Sauerstoff als Wasserstoff verschwindet. Weiterhin werde ich noch eine andere Ursache dieses Unterschiedes nachweisen.

Dieselben Versuche habe ich auch so wiederholt, dafs ich die Platinplatte successiv ersetzte durch Platinschwamm und durch einen Platindraht, dessen Oberfläche mit Hülfe der von magneto-elektrischen Strömen bewirkten abwechselnden Oxydationen und Reductionen pulverförmig gemacht worden war. Mit dem Schwamm, der mehre Tage in der Säure gelegen hatte und sorgfältig gereinigt worden war, erhielt ich, bei Verbindung desselben mit dem negativen Pol, das richtige Verhältnifs der Gase. Als ich ihn aber mit dem positiven Pol verband, bekam ich nur 3 Maafs Sauerstoff auf 10 Maafs Wasserstoff. Der Vorgang ist übrigens wie bei der Platinplatte; obwohl das Stück Platinschwamm sehr klein war, machte doch die grofse Anzahl seiner Berührungspunkte mit der Flüssigkeit die in Folge der abwechselnden Oxydation und Reduction des Metalles eintretende, successive Absorption von Sauerstoff und Wasserstoff noch weit sichtbarer.

Der Draht mit der pulverförmigen Oberfläche war etwa 12 Centimeter lang. Als er unmittelbar nach der Umänderung seiner Oberfläche, einer Operation, die immer, wie ich weiterhin zeigen werde, eine leichte Oxydation mit sich führt, mit dem Minus-Pol verbunden ward, gab er 5 Maafs Wasserstoff gegen 5 Sauerstoff am positiven Pol, der mit einem gewöhnlichen Platindraht von 5 Millimet. gemeinschaftete. Nach Vertauschung der Pole entwickelten sich anfangs 3 Sauerstoff am langen Draht gegen 12 Wasserstoff am kurzen. Es fehlten also 3 Maafs Sauerstoff. Bei Fortsetzung des Versuchs erschienen 2 Maafs Sauerstoff gegen 8 Wasserstoff. Es fehlten also noch 2 Maafs Sauerstoff, im

Gan-

Ganzen also bei diesen beiden Versuchen 5 Maafs. Von nun an entwickelten sich die Gase in dem richtigen Verhältnisse. Nach nochmaliger Vertauschung der Pole hatte ich 12 Wasserstoff am langen Draht gegen 10 Sauerstoff am kurzen. Es fehlten also 8 Maafs Wasserstoff, die zur Reduction des von dem in den früheren Versuchen verschwundenen Sauerstoff gebildeten Oxyds verbraucht worden waren. Bei Wiederholung des letzten Versuchs ohne Vertauschung der Pole erhielt ich genau 10 Maafs Wasserstoff am langen Draht gegen 5 Sauerstoff am kurzen.

Endlich brachte ich in ein gleiches, auch mit gesäuertem Wasser gefülltes Eudiometer einen langen Platindraht mit pulverförmiger Oberfläche und einen kurzen mit glatter. Den langen verband ich mit dem Plus-Pol, den kurzen mit dem Minus-Pol. Dann, als das Gasgemenge das Eudiometer zur Hälfte angefüllt hatte, liefs ich es verpuffen; es blieb ein Ueberschufs von Wasserstoff, gleich einem Zehntel des Gesammtvolums. Bei drei- bis viermaliger Wiederholung desselben Versuchs erhielt ich beständig dasselbe Resultat. Allein zuletzt war der metallische Staub, der den langen Platindraht bekleidete, fast gänzlich verschwunden. Wahrscheinlich wurde dieser sehr feine Staub oxydirt, demzufolge in der Säure gelöst; dadurch wurden neue Theilchen entblöfst, die sich ihrerseits oxydirten. Diefs erklärt weshalb in dem Gasgemenge beständig ein Ueberschufs von Wasserstoff vorhanden war. Diese Erscheinung zeigte sich nicht bei der Platte, deren Oberfläche nicht pulverförmig war, die sich also, selbst wenn sie oxydirt ward, nicht leicht im gesäuerten Wasser lösen konnte. Sie fand auch nicht statt bei einem langen schraubenförmig gewundenen Draht mit glatter Oberfläche, den ich statt des Drahts mit pulverförmiger Oberfläche genommen. Im letzten Fall enthielt das Gasgemenge, welches ich bei Verbindung des schraubenförmigen Drahts mit dem po-

sitiven Pol der Säule bekam, einen Ueberschufs von 3 Maafs Wasserstoff. Bei Vertauschung der Pole, aber den Wasserstoffrückstand im Eudiometer lassend, erhielt ich ein Gasgemenge, das nach der Verpuffung fast keinen Rückstand hinterliefs. Selbst der Ueberschufs des Wasserstoffs von dem vorhergehenden Versuch war also vollständig verschwunden. Dieser Ueberschufs rührte also davon her, dafs ein Theil des Sauerstoffs zur oberflächlichen Oxydation des langen Platindrahts, als dieser am positiven Pol safs, verbraucht worden war. Er verschwand, weil, bei Verbindung dieses Drahts mit dem negativen Pol, ein Theil des Wasserstoffs, welcher sich hätte in dem Gasgemenge befinden müssen, zur Desoxydation des Drahts gebraucht worden war.

Es scheint mir also aus obigen Versuchen hervorzugehen:

1) Dafs vollkommen reines und blankes Platin sich unter Einwirkung von entstehendem Sauerstoff auf seiner Oberfläche oxydiren kann.

2) Dafs dieses Oxyd sich in schwach gesäuertem Wasser nicht löst, wenn die Oberfläche, auf welcher es sich bildet, nicht pulverförmig ist [1].

3) Dafs dieses Oxyd durch Wirkung des Wasserstoffs sehr leicht reducirbar ist.

Vielleicht wird man gegen diese Schlüsse zwei Einwürfe erheben: 1) dafs die eben beschriebenen Erscheinungen von der Auflösung der Gase in den Flüssigkeiten herrühren können, 2) dafs sie nur das Resultat einer blofsen Adhärenz, bald des Sauerstoffs, bald des Wasserstoffs, an der Oberfläche des Platins seyen.

Prüfen wir diese beiden Einwürfe.

Ich gebe zu, dafs das gesäuerte Wasser einen Theil

1) Das ist nicht mehr der Fall, wenn die Säure kochend und concentrirt ist. Die Platte, die mit einer Säure unter diesen Umständen behandelt und darauf mit destillirtem Wasser gewaschen worden ist, verhält sich wie eine vollkommen desoxydirte Platte.

der an beiden Polen entwickelten Gase lösen könne, besonders etwas Sauerstoff; ich muſs auch zugeben, daſs, wenn das Gas sich an einer groſsen Oberfläche entwickelt, diese Lösung erleichtert werde. Allein dadurch erklärt sich nicht die ganze Erscheinung. Nachdem ich die Platinplatte mit dem positiven Pol verknüpft, und das Verschwinden einer gewissen Menge Sauerstoff beobachtet, auch denjenigen Theil der Flüssigkeit, der mit den Polen in Contact war, vollständig erneut habe, wiederhole ich denselben Versuch, und finde den Sauerstoff sehr nahe in dem richtigen Verhältniſs entwickelt. Wenn die Abwesenheit eines Theils des Sauerstoffs im ersten Fall von dessen Lösung in der umgebenden Flüssigkeit abhinge, warum findet diese Lösung und folglich diese Abwesenheit nicht gleichermaſsen in dem zweiten Falle statt? Wie geschieht es, daſs eine wohl gereinigte und abgewaschene Platinplatte, mit dem negativen Pol verbunden, Wasserstoff in dem richtigen Verhältniſs giebt, während dieselbe Platte, nachdem sie der Wirkung des Sauerstoffs ausgesetzt worden ist, in derselben Flüssigkeit einen Theil des an ihrer Oberfläche entwickelten Wasserstoffs verschwinden macht?

Folgende, leicht zu machende Beobachtung zeigt, daſs es unmöglich ist, die beschriebenen Erscheinungen wenigstens ganz, der Absorption der Gase von den Flüssigkeiten zuzuschreiben. Man nehme eine Platinplatte, welche der Luft oder dem Sauerstoff einige Zeit ausgesetzt gewesen ist, und tauche sie, als negativen Pol einer Säule, in die Flüssigkeit, welche der Strom durchlaufen soll. Es verflieſsen mehre Secunden, manchmal bis zwanzig, ehe der Wasserstoff sich zeigt, während an einer ähnlichen, zum positiven Pol genommenen Platte der Sauerstoff augenblicklich auftritt. Verbindet man dagegen die Pole mit zwei vollkommen gereinigten Platinplatten, so erscheint an der negativen Platte sogleich Wasserstoff, während an der positiven der Sauer-

stoff erst einige Secunden später sich zeigt. Es ist also einleuchtend, dafs die Unterschiede in den Zeitpunkten, wo die Gase an jeder Platte sichtbar werden, von dem Zustande der Oberfläche der Platten abhängen und nicht von der Fähigkeit der Flüssigkeit, die Gase zu lösen; denn diese Fähigkeit würde in den zwei so eben beschriebenen Versuchen auf gleiche Weise gewirkt haben.

Endlich sind die secundären Polaritäten, welche die Platinplatten annehmen und deren Natur verschieden ist, je nachdem sich an diesen Platten Sauerstoff oder Wasserstoff entwickelt, eine fernere Probe, dafs diese Oberfläche von diesen Gasen, vermöge einer Oxydation und Reduction, modificirt wird, und zwar, wie wir gesehen, in einem Augenblick.

Hier stellt sich der zweite Einwurf ein. Die Platinflächen halten Sauerstoff an ihrer Oberfläche zurück, sagt man; allein dieses Gas haftet nur an, bildet keine chemische Verbindung; eben so ist es mit dem Wasserstoff. Diese Erscheinungen entspringen aus einer rein physischen Adhäsion; und, fügt man hinzu, wenn man den negativen Pol an die Platte versetzt, welche mit dem positiven Pol verbunden war, so rührt das theilweise Verschwinden des Wasserstoffs davon her, dafs dieser sich im Entstehungszustand mit dem an der Platte haften gebliebenen Sauerstoff verbindet.

Ich habe auch diesen Theil der Aufgabe sorgfältig untersucht, desto mehr als die angeführte Meinung die ist, welche Hr. Matteucci und, wie mir scheint, auch Hr. Schönbein, jeder für sich, in seiner Arbeit über die secundäre Polarität ausgesprochen hat.

Folgendes sind die Gründe, welche mich glauben lassen, dafs zwischen den Gasen und der Platinfläche keine blofse physische Adhäsion, sondern eine wahrhafte chemische Verbindung stattfinde.

1) Wenn die Oberfläche des Platins recht frisch und sorgfältig gereinigt worden ist, haftet blofs der Sauer-

stoff daran, nicht der Wasserstoff. Wenn Hr. Matteucci das Volumen des Wasserstoffs abnehmen sah, als er in eine mit diesem Gase gefüllte Proberöhre eine Platinplatte brachte, so rührte diefs daher, dafs diese Platte, vermöge ihrer früheren Berührung mit Luft oder Sauerstoff eine schwach oxydirte Oberfläche besafs. In der That nimmt die Platte, wenn sie gut desoxydirt und abgewaschen ist, keinen Wasserstoff auf, man mag sich derselben als negativen Pol einer Säule bedienen oder sie in eine mit Wasserstoff gefüllte Glasglocke bringen.

2) Der pulverförmige Zustand, welchen die Platin-Oberfläche annimmt, wenn sie lange Zeit der abwechselnden Wirkung von Sauerstoff und Wasserstoff ausgesetzt gewesen ist, giebt einen Beweis, dafs die Adhäsion des Sauerstoffs eine wahrhafte chemische Verbindung, und die des Wasserstoffs eine wahrhafte Zersetzung des Oxyds gewesen ist. Denn es geschieht dem Platin genau dasselbe, was andern Metallen, wie dem Kupfer, geschieht, wenn ihre Oberfläche abwechselnd Oxydationen und Reductionen erfährt: die Oberfläche wird pulverförmig.

3) Es ist, selbst mit einer starken Lupe, unmöglich, die geringste Sauerstoffblase an der Oberfläche des Platins wahrzunehmen, welches diesem Gase ausgesetzt war. Reiben mit Leinwand nimmt nicht diesen Sauerstoff fort. Es bedarf dazu entweder einer mechanischen Action, welche die Oberfläche erneut, oder des Kochens mit starker Säure, welche das gebildete Oxyd löst. Das ist also wieder ein Beweis für die wahrhaft chemische Verbindung; zwar ist sie nur oberflächlich, und wenn man diesen Umstand für genügend hält, um die Erscheinung für eine physische auszugeben, so wird die Frage nur ein Wortstreit. Wie mir scheint, kann man aber die Sache nicht so ansehen; denn eine blofse physische Adhäsion schliefst die Idee ein, dafs die Körper ihre individuellen Eigenschaften behalten. So ver-

hält es sich aber nicht in diesem Fall, weil der Sauerstoff nicht mehr gasförmig ist, und die Platin-Oberfläche durch die abwechselnde Wirkung beider Gase zuletzt in Staub zerfällt. Mithin hat die Erscheinung alle Kennzeichen einer wahrhaft chemischen Verbindung.

Die eben beschriebenen Versuche wurden im Frühling und Sommer 1838 angestellt. Sie waren Gegenstand einer Vorlesung, die ich am 4. Sept. dieses Jahres in der Genfer Gesellschaft für Physik und Naturgeschichte hielt. Ich übergab aber damals die Abhandlung nicht dem Druck, sondern sandte einen Auszug an Hrn. Becquerel, der ihn der Pariser Academie vorlas, und in dem *Compte rendu* vom December 1838 drucken liefs.

Seit der Zeit habe ich die Versuche mehrmals wiederholt und immer mit demselben Erfolg. Ganz neuerlich (28. Apr. 1841) habe ich noch folgendes Resultat mit einer constanten Batterie von 10 Elementen erhalten. Die Pole derselben waren verbunden mit einer sehr reinen, spiralförmig aufgerollten Platinplatte und einem sehr kurzen Platindraht. Beide tauchten in sorgfältig gereinigte Schwefelsäure, die mit dem 9fachen Volum destillirten Wassers verdünnt war. Das an jedem Pol entwickelte Gas wurde in graduirten Röhren aufgefangen. Anfangs, als der negative Pol mit der Platte verbunden war, wurden die Gase in dem richtigen Verhältnifs entwickelt. Als aber der positive Pol mit der Platte und der negative mit dem Draht verknüpft ward, erschienen 20 C.C. Wasserstoff und nur 6 Sauerstoff, statt 10. Nach abermaliger Vertauschung der Pole erhielt ich 10 C.C. Sauerstoff und nur 15 Wasserstoff; es hätten 8 statt 4 fehlen müssen, um das Aequivalent des verschwundenen Sauerstoffs zu repräsentiren. Allein, wie gesagt, es verschwindet bei diesen Versuchen der Wasserstoff sehr selten in einer dem Sauerstoff aequivalenten Menge. Weiterhin werde ich noch eine Ursache des Unterschiedes zwischen beiden Gasen nachweisen.

II. Vom Einflufs, den die Oxydation des Platins auf die Ströme der ganz aus diesem Metall zusammengesetzten Ketten ausübt.

Wie ich glaube, bin ich der erste, der gezeigt hat, dafs wenn zwei Platindrähte mittelst des Volta'schen-Stroms zur Wasserzersetzung gedient haben, diese Drähte eine wirksame Kette bilden können. Der als positiver Pol benutzte Draht, an welchem sich also Sauerstoff entwickelt hat, ist das negative Glied der Kette, der als negativer Pol gebrauchte, an dem Wasserstoff entwich, ist das positive. Dieser Strom dauerte einige Augenblicke, mehr oder weniger lang, je nach der Natur der Flüssigkeit, in welche beide Drähte während der vom Strom bewirkten Zersetzung eingesenkt waren, und je nach der Natur der Flüssigkeit, in welche sie zur Bildung der Kette eingetaucht wurden.

In der Abhandlung, wo ich dieses Phänomen beschrieb [1]), leitete ich es von einem eigenthümlichen elektrischen Zustand der Drahttheilchen ab, und ich stützte meine Hypothese auf die Thatsache, dafs diejenigen Theilchen der Platindrähte, welche während des Stromes nicht in die Flüssigkeit tauchten, ebenfalls, wiewohl in geringerem Grade, dieselben Eigenschaften zeigten wie an den entsprechenden Drähten die Theile, auf welche sich die Elemente der zersetzten Flüssigkeit ablagerten. Hr. Becquerel zeigte später, dafs diese Erklärung nicht die richtige sey, die beobachtete Erscheinung vielmehr von einem ungemein dünnen Absatz der Bestandtheile der vom Strom zersetzten Substanzen auf die Oberfläche der Platindrähte herrühre. Sobald der Strom aufhört, ruft die Wirkung der Flüssigkeit auf diesen Absatz den secundär genannten Strom hervor, bei welchem der eine Platindraht die Rolle des positiven Elements und der andere die des positiven spielt. Indefs haben mir spätere Versuche gezeigt, dafs, wie ich angegeben, Drähte

1) *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, T. III pt. II et Ann. de chim. et de phys. T. XXXVI p.* 34.

und Platten von Platin, die keine Ablagerung auf ihre Oberfläche erhalten haben, ebenfalls einen secundären Strom geben können, zwar einen weit schwächeren, aber doch wahrnehmbaren. Ich füge nur hinzu, dafs ein gründlicheres Studium dieser Erscheinungen mich zu der Einsicht geführt hat, dafs sie ebenfalls von einer chemischen Einwirkung der Flüssigkeit auf die Platinfläche herstammen, nicht blofs im Fall, wo eine Ablagerung stattfindet, wie Hr. Becquerel angiebt, sondern auch in dem, wo keine solche vorhanden ist.

Die HH. Matteucci, Peltier und Schönbein, welche sich mit diesem Gegenstand beschäftigten, haben gezeigt, dafs Platten von Platin und Gold einen secundären Strom zu erregen vermögen, blofs in Folge davon, dafs sie zur Zersetzung von schwach gesäuertem und selbst vollkommen reinem Wasser gedient haben, ohne dafs andere Zersetzungsproducte, als Sauerstoff, an der einen Platte und Wasserstoff an der andern vorhanden waren. Hr. Matteucci schreibt diese Erscheinung dem Anhaften des Sauerstoffs und Wasserstoffs an den beiden Platten zu, und beweist diefs, indem er die Platte, an welcher der Sauerstoff entwich, in eine mit Wasserstoff gefüllte Proberöhre, und die Platte, an der der Wasserstoff sich entwickelte, in eine mit Sauerstoff gefüllte Röhre bringt; er findet dann, dafs das Gasvolum in jeder Röhre sich ein wenig verringert. Es ist ihm auch gelungen dieselben secundären Polaritäten hervorzubringen dadurch, dafs er auf einige Augenblicke die eine Platinplatte in eine Atmosphäre von Sauerstoff und die andere in eine von Wasserstoff bringt [1]).

Hr. Peltier meint, die Erscheinung rühre von den in Wasser gelöst gebliebenen Gasen her [2]); es gelang ihm, einen secundären Strom hervorzubringen, indem er

1) *Bibl. univers. T. XVII* (*Oct.* 1838) *p.* 378.

2) *Ibid. T. XVIII* (*Nov.* 1838) *p.* 186.

Wasserstoff direct in Wasser leitete, eins der Platinenden des Galvanometers in diefs gewasserstoffte Wasser tauchte, und das andere, gleichfalls platinerne Ende in gewöhnliches Wasser, das mit ersterem in Berührung stand.

Endlich hat Hr. Schönbein eine grofse Anzahl von Versuchen gemacht, wobei er Platin-, Gold- und Silberdrähte in verschiedene Gase taucht und die Polaritäten bestimmt, welche die Drähte durch die Wirkung dieser Gase erlangten oder verloren. Auch wandte er, zur Schliefsung der aus diesen Metalldrähten gebildeten Ketten, verschiedene leitende Flüssigkeiten an, und studirte den Einflufs dieser Flüssigkeiten. Er scheint alle von ihm beobachteten Erscheinungen chemischen Wirkungen zuzuschreiben, ohne sich über die Natur dieser Wirkungen auszudrücken; denn er fügt hinzu: *Ich wage noch nicht zu sagen, dafs die secundären Ströme gänzlich von einer gewöhnlichen chemischen Wirkung herrühren.*

Die Schlüsse, zu welchen ich in Folge der im vorigen Paragraph enthaltenen Untersuchungen gelangt bin, hatten mich vermuthen lassen, dafs Oxydation und Desoxydation des Platins wohl eine wichtige Rolle bei der Erzeugung secundärer Ströme spielen könnten. Die Versuche der eben genannten Physiker stimmten mit dieser Erklärung, und ich suchte daher diese durch ein sorgfältiges Studium der besagten Erscheinung zu bestätigen. Zunächst habe ich mich versichert, dafs Drähte und Platten von Platin, welche zur Zersetzung von schwach gesäuertem Wasser gedient haben, einen ungemein starken secundären Strom geben, einen desto stärkeren, je gröfser die Oberflächen sind. Die ausgeprägteste Intensität bekommt man bei Anwendung eines Stückes Platinschwamm. Ein Draht, dessen Oberfläche durch magneto-

1) *Bibl. univ. T. XVIII (Nov.* 1838) *p.* 187. (Ann. Bd. XXXXVI S. 109 und Bd. XXXXVII S. 101.)

elektrische Ströme pulverförmig gemacht worden ist, giebt auch einen weit intensiveren secundären Strom als ein Draht mit glatter Oberfläche, wahrscheinlich, weil er, wie der Schwamm, eine weit gröfsere Zahl von Berührungspunkten mit dem umgebenden Mittel darbietet.

Nach mir ist die Ursache der Erscheinung folgende: Da das Platin, welches der Wirkung des Wasserstoff ausgesetzt gewesen, vollkommen blank (*décapé*) ist, so wird es von gesäuertem Wasser, und, falls es in reines Wasser getaucht ist, selbst von der darin gelösten Luft schwach angegriffen; es giebt also Anlafs zu einem Strom, wenn man mit ihm und einem anderen Stück Platin, dessen Oberfläche, entweder durch Liegen an der Luft oder noch besser durch den Gebrauch als positiver Pol, oxydirt worden ist, eine Kette bildet; in diesem zweiten Fall ist der Strom stärker als im ersten. Dieser Strom ist stärker, und dauert länger mit einer grofsen Platte, mit Platinschwamm oder mit einem Draht, dessen Oberfläche pulverförmig ist. In diesem Fall geschieht nämlich die chemische Wirkung an einer gröfseren Zahl von Punkten, und da sie nicht aufhört, ehe nicht die Oberfläche oxydirt ist, so hört sie nothwendig später auf. Wahrscheinlich gestattet auch der Zustand der Zertheilung des Platins eine geringe Auflösung des Oxyds, und bietet so noch beständig der chemischen Action ein Stück nicht oxydirter Oberfläche dar. Die eben gegebene Erklärung ist eine Folge der Oxydation, deren, wie ich gezeigt, das Platin fähig ist. Sehen wir nun, ob sie mit allen Thatsachen übereinstimme.

Ich liefs Platindrähte, -Platten und -Schwamm lange in concentrirter Salpetersäure liegen, um sie wohl zu reinigen (*décaper*); darauf wusch ich sie sorgfältig in destillirtem Wasser und wiederholte diefs mehrmals, um jede Spur von Säure zu entfernen; auch trug ich immer Sorge, dafs die Platten nicht mit der Luft in Berührung kämen. Zuvörderst befestigte ich an den Enden des

Galvanometers einen Draht und eine Platte; die Platte an einer Seite und Platinschwamm an der andern. Der Schwamm war beständig positiv gegen den Draht oder die Platte. Eben so verhielt sich ein Draht mit pulverförmiger Oberfläche, aber dieser Draht war negativ gegen den Schwamm. Die Flüssigkeit, in welche die Metalle tauchten, war ein durch Salpetersäure oder Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser. Säure und Wasser waren vollkommen rein. Diese Versuche scheinen also anzudeuten, dafs auf die blanken Platinflächen eine chemische Wirkung stattfindet, die einen Strom hervorruft, wobei die gröfsere Oberfläche, also die, an welcher die ausgedehntere chemische Wirkung stattfindet, positiv gegen die andere ist, wie diefs auch bei den oxydirbaren Metallen geschieht.

Hierauf nahm ich zwei Platinplatten, die, nachdem sie sorgfältig gereinigt und gewaschen waren, in destillirtem Wasser liegen blieben, trocknete die eine an der Luft und die andere, neben einer Schale voll concentrirter Schwefelsäure, unter einer Glocke, die möglichst schnell ausgepumpt wurde. Die im Vacuo getrocknete Platte war beständig positiv gegen die an der Luft getrocknete, wenn beide in sehr verdünnte Schwefelsäure oder Salpetersäure eingetaucht wurden; ein Beweis, dafs die letztere sich an der Oberfläche oxydirt hatte, und die erstere nicht oder wenigstens in einem geringeren Grade.

Ich liefs auch eine gereinigte Platte in Wasserstoff trocknen. Sie war, wie die im Vacuo getrocknete, positiv, aber stärker, was nicht verwundern kann, da hier, durch die Wirkung des Wasserstoffs, jede Spur von Oxydation hatte verschwinden müssen.

Bei Eintauchung zweier anderen Platten in concentrirte Salpetersäure fand ich das Umgekehrte, nämlich, dafs die im Vacuo oder in Wasserstoffgas getrocknete negativ gegen die an der Luft getrocknete war. Dar-

aus schliefse ich, dafs, in diesem Fall, die an der Luft oxydirte Platte durch Salpetersäure angegriffen wurde, indem die Säure sich mit dem Oxyd verband und es löste, während die andere, nicht oder wenig oxydirte Platte wenig oder gar keine Einwirkung von Seiten der Säure erlitt. Die Richtung des Stromes war in völligem Einklang mit dieser Erklärung.

Um mich von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, machte ich die folgenden Versuche. Ich liefs Platinschwamm mehre Monate lang in concentrirter, vollkommen reiner Salpetersäure liegen, andern brachte ich in ungemein verdünnte Salpetersäure und noch andern liefs ich an offner Luft in einer Schale liegen, die jedoch zur Abhaltung des Staubes mit Papier bedeckt worden war. Eine grofse Platinschale, die inwendig recht sauber war, aber lange mit der Luft in Berührung gestanden, wurde mit dem einen Ende des Galvanometers verbunden, und mit concentrirter, reiner Salpetersäure gefüllt. Hierauf tauchte ich, verbunden durch einen Platindraht mit dem andern Ende des Galvanometers, in die Säure erstlich das Stück Platinschwamm, welches lange in der Salpetersäure gewesen, dann das Stück, welches, nachdem es desoxydirt worden, in Wasser oder an der Luft gelegen hatte. Das erste war negativ, die beiden andern sehr stark positiv, besonders das der Luft ausgesetzt gewesene.

Statt der concentrirten Salpetersäure brachte ich sehr verdünnte in die Schale; nun waren die Resultate umgekehrt. Dieser Unterschied erklärt sich sehr gut, wenn man erwägt, dafs die reine und concentrirte Salpetersäure keine Wirkung auf nicht oxydirtes Platin ausübt, wohl aber auf eine mit einer leichten Oxydschicht überzogene Platinfläche, während das Gegentheil geschieht, wenn die Säure sehr verdünnt ist.

Damit diese Wirkungen etwas starke Ablenkungen an der Galvanometernadel hervorbringen, mufs man dem

atin grofse Oberfläche geben. Daher sind die Ablen-
ngen so merklich mit Platinschwamm, und zu dem
veck wandte ich auch eine grofse Platinschale an. In
r That erhielt ich, als ich das eine Ende des Gal-
nometerdrahts mit oxydirtem Platinschwamm und das
dere mit einem Platindraht, der nur 2 bis 3 Centimeter
f in die Flüssigkeit tauchte, verband, einen Strom von
r 5° bis 6°. Bei Vertauschung des Drahts gegen ein
ück nicht oxydirten Platinschwamms oder eine sehr
ofse Platinfläche, erhielt ich einen Strom, der die Na-
l mehr als 90° ablenkte.

Offenbar ist es bei allen diesen Erscheinungen eine
emische Action, von welcher die erregte Elektricität
rstammt, und die Oxydation des Platins hat einen gro-
n Theil daran. Was ist nun aber diese Action? Das
ein Punkt, der mir noch eine Untersuchung zu verdie-
n scheint. Es wäre nicht unmöglich, dafs sie, wenigstens
i der Salpetersäure, in einer Zersetzung dieser Säure
stände, hervorgebracht durch den Sauerstoff der oxy-
ten Platinfläche, wie es der Fall ist mit den Hyper-
yden, namentlich denen des Bleis und Mangans. Ich
erde später auf diesen Punkt zurückkommen, wo ich
gleich die Vorgänge bei andern Metallen untersuche,
i Gold und Palladium, die analoge Eigenschaften wie
s Platin besitzen.

. Von einigen anderen Erscheinungen, die man der Oxydation des Platins zuschreiben kann.

Eine Erscheinung, welche beweist, mit welcher Leich-
keit das Platin sich oxydirt, ist der Zustand eines Pla-
ndrahts, der einige Zeit zur aphlogistischen Lampe ge-
ent hat. Man nehme einen schraubenförmig aufgeroll-
n Platindraht von etwa 0,5 Millimet. Durchmesser, rei-
ge ihn sorgfältig durch Legen in Salpetersäure, wasche
n dann mehrmals in destillirtem Wasser, trockne ihn
d stecke ihn auf eine Weingeistlampe. Man zünde

die Lampe an, so dafs der Draht roth glühe, lösche dann die Flamme aus, und der Draht bleibt durch die Wirkung der Alkoholdämpfe glühend. Unterhält man den Vorgang 24 oder besser 48 Stunden, so wird der Draht, der vorher vollkommen blank war, nachher eine pulverförmige gräuliche Oberfläche zeigen, ganz ähnlich der von Drähten, die zur abwechselnden Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff gedient haben. Diese Erscheinung kann nur von abwechselnden Oxydationen und Reductionen herrühren, die der Draht durch Wirkung des Sauerstoffs der Luft und der Alkoholdämfpe erlitten hat. Sie ist der ganz ähnlich, welche Kupferdrähte zeigen, die lange der Wirkung einer Alkohollampe ausgesetzt gewesen sind, und die, durch die abwechselnden Oxydationen und Reductionen, welche sie erfahren, bald zu Staub zerfallen. Ich habe mehrmals den Versuch wiederholt, mit der Sorgfalt, vollkommen reinen Alkohol und Amianthfäden, statt des Baumwollenfadens, anzuwenden. Er ist mir immer sehr gut gelungen. Die Drähte, deren Oberfläche pulverförmig geworden ist, sind für die aphlogistische Lampe weit vorzüglicher als die andern. Sie glühen auf einer weit gröfseren Strecke und mit weit mehr Lebhaftigkeit; ein neuer Beweis, dafs die Erscheinung der aphlogistischen Lampe auf einer Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen beruht, welche der Zustand der Entfestung des Metalls erleichtert.

Ich habe auch die Oberfläche eines wohl gereinigten Platindrahts pulverförmig gemacht, indem ich mich desselben, statt des Platinschwamms, zur Entzündung des Wasserstoffs in der Luft bediente. Nachdem der Draht zu wiederholten Malen und jedes Mal 10 bis 15 Minuten lang durch den Wasserstoff glühend gemacht worden, war seine Oberfläche gräulich und leicht pulverförmig. Der Versuch gelingt noch besser, wenn man den schraubenförmigen Platindraht mittelst eines hindurch-

geleiteten Volta'schen Stroms erhitzt, aber nicht bis zum Glühen. Man richtet, mittelst eines Hahns mit doppelter Oeffnung, einen mit atmosphärischer Luft gemischten Strom von Wasserstoffgas auf den Draht, und findet dann dessen Oberfläche nach einiger Zeit ein grauliches Ansehen besitzend.

Geben nicht die vorstehenden Versuche den Beweis, dafs das von Döbereiner beobachtete Phänomen von einer Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen herrührt? Die an der Luft oxydirte Oberfläche des Platins wird sogleich vom Wasserstoff reducirt, dann abermals oxydirt, wieder reducirt und so fort. Diese Abwechslungen folgen einander rasch, und daraus entsteht die Temperatur-Erhöhung, welche das Platin glühend macht und zuletzt den Wasserstoff entzündet. Was diese Erklärung zu unterstützen scheint, ist, dafs alle Umstände, welche die Oxydation des Platins am meisten begünstigen, auch die sind, welche zum Gelingen des Döbereiner'schen Versuchs erfordert werden. So z. B. haben Dulong und Thénard bemerkt, dafs das Platin, um im Wasserstoffstrom an der Luft glühend zu werden, vollkommen rein seyn mufs, und dafs es zu dem Ende gut ist, es mit Salpetersäure zu waschen. Flächengröfse, Zertheilungszustand begünstigen ebenfalls die Erzeugung des Phänomens. Wenn man die über diesen Gegenstand gemachten Arbeiten liest, besonders die von Faraday, so findet man, dafs die günstigsten Bedingungen, um mittelst Platin die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff zu veranlassen, auch diejenigen sind, welche die Oxydation dieses Metalls am meisten erleichtern.

Gegen die eben aufgestellte Erklärung kann man einwenden: 1) dafs es Fälle giebt, wo die Wirkung gewisser Substanzen die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff herbeiführt, ohne dafs man eine Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen annehmen

kann; 2) dafs selbst der Platinschwamm gewisse Verbindungen veranlafst, die man nicht auf dieselbe Weise wie die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff erklären kann. Wenn diese Einwürfe gegründet wären, müfste man für den Döbereiner'schen Versuch eine neue Kraft annehmen, die Kraft, welche Berzelius die *katalytische* nennt.

Was den ersten Einwurf betrifft, so bemerke ich, dafs die Fälle, wo Sauerstoff und Wasserstoff durch Vermittlung von Substanzen vereinigt werden, für welche man unmöglich eine Reihe von Oxydationen und Reductionen annehmen kann, solche sind, bei welchen man eine sehr hohe Temperatur und Nichtleiter der Elektricität angewandt hat. Dergleichen sind: Glas- oder Porcellanstücke, welche man sehr stark auf Quecksilber erhitzt, und in welchen man also einen elektrischen Zustand hervorruft, der wahrscheinlich die Verbindung der Gase durch die kleinen alsdann erfolgenden Entladungen herbeiführt. In der That, macht man den Versuch im Dunkeln, so sieht man einen schwachen Schimmer, analog dem, welchen man gewahrt, wenn man Quecksilber in einer stark erhitzten Porcellanschale bewegt. Alle Fälle der Art, die von Dulong und Thénard in ihrer Abhandlung erwähnt werden, scheinen mir sich auf diese Weise erklären zu lassen. Sie haben somit, in ihrer unmittelbaren Ursache, keine Beziehung zu dem von Döbereiner entdeckten Phänomen.

Der zweite Einwand ist stärker. Hr. Kuhlmann hat eine Reihe mittelst des Platins dargestellter chemischer Verbindungen beschrieben, die sich nur schwierig in die Erklärung fügen, welche ich für die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff gegeben habe. Studirt man indefs mit Sorgfalt alle von Hrn. Kuhlmann beobachteten Thatsachen, so kann man sie, glaube ich, durch die gewöhnlichen chemischen Actionen erklären, ohne einer neuen und speciellen Kraft zu bedürfen. Man

mufs

mufs nicht aus dem Auge verlieren, dafs wenn das Platin, wie ich gezeigt zu haben glaube, sich oxydiren kann, daraus zwei wichtige Folgerungen für die Erscheinungen entspringen, wo man Platin mit verschiedenen Substanzen in Berührung setzt. Die erste ist: dafs wenn das Platin Sauerstoff aus einer Verbindung aufnimmt, der andere Bestandtheil derselben, als in den *status nascenti* gesetzt, dadurch eben fähiger wird, sich mit einer dritten, ihm dargebotenen Substanz zu verbinden. Die zweite Folgerung besteht darin, dafs der Sauerstoff, den das Platin an seiner Oberfläche condensirt enthält und bereit ist abzugeben, eben durch diese Condensation sich in einem weit geeigneteren Zustand zur Bildung einer Verbindung befindet als wenn er in Gasform ist.

Geht man diesen beiden Folgerungen nach, so lassen sich alle von Hrn. Kuhlmann beobachteten Erscheinungen, bis auf wenige Ausnahmen, leicht erklären. Nur diejenigen, bei welchen der Sauerstoff anscheinend nicht mitwirkt, sey es im ungebundenen oder gebundenen Zustand, bieten einige Schwierigkeit in ihrer Erklärung. Allein in diesen Fällen könnte möglicherweise die atmosphärische Luft und der darin enthaltene Sauerstoff eine Rolle spielen; es wäre auch möglich, dafs das Platin sich mit Kohle, Schwefel oder Cyan auf gleiche Weise und eben so leicht verbände, wie mit Sauerstoff. Ich werde mich indefs nicht länger bei diesem besonderen Punkt aufhalten, der speciell und mit Hülfe des Experiments untersucht zu werden verdient. Ich begnüge mich, meine Ansicht darin zusammenzufassen, dafs ich sage, die oberflächlichen chemischen Actionen, deren die Oberfläche des Platins fähig ist, scheinen mir auf eine genügende Weise die Verbindungs-Erscheinungen zu erklären, welche durch die Gegenwart dieses Metalls bedingt werden, und die man allgemein einer *katalytisch* genannten Kraft zugeschrieben hat.

Ich kann diesen Paragraphen nicht schliefsen, ohne

nicht von einem Phänomen zu sprechen, welches sich mir gleichfalls auf die Oxydation des Platins zu beziehen scheint. Ich meine den eigenthümlichen Geruch, welchen man an dem am positiven Pol entwickelten Sauerstoff bemerkt, wenn man Wasser durch die Säule zersetzt und dasselbe durch Gold- und Platindrähte in deren Kreis einschaltet. Jedem, der nur einige Male mit der Säule gearbeitet hat, mufs dieser Geruch aufgefallen seyn. Ich hatte ihn oft bemerkt, allein Herr Schönbein hat ihn zuerst mit besonderer Sorgfalt studirt und zum Gegenstand sehr interessanter Untersuchungen gemacht [1]).

Hrn. Schönbein überraschte die Aehnlichkeit zwischen diesem Geruch und dem, welchen die Entladungen der gewöhnlichen Elektrisirmaschiene und Blitzschläge hinterlassen. Er glaubt denselben einer eigenthümlichen, äufserst subtilen Substanz zuschreiben zu müssen, welche, von gleicher Natur mit dem Chlor oder Fluor, eine grofse Verwandtschaft zu oxydirbaren Körpern besitze, und, da sie in der Luft oder im Wasser im Verbindungszustand enthalten sey, von dem Körper, mit welchem sie verbunden ist, durch die zerlegende Kraft der Elektricität abgeschieden werde. Für diese neue Substanz schlägt er den Namen *Ozon* vor.

Ich bekenne, dafs ich bei sorgfältiger Wiederholung der sinnreichen Versuche des Hrn. Schönbein, denen ich noch einige hinzugefügt habe, zu einem anderen Schlufs gelangt bin. Ich verweile nicht bei den verschiedenen Einwürfen, die mir seine Hypothese darzubieten scheint. Ich begnüge mich nur zwei anzudeuten. Die erste ist: dafs man nicht deutlich einsieht, mit welcher Substanz das *Ozon* in der Luft oder dem Wasser verbunden seyn soll. Etwa mit Wasserstoff? Allein dann müfste ein Ueberschufs von Wasserstoff in der

1) *Bibl. univ. N. S. T. XXVIII p.* 342 (*Aug.* 1840). (Annalen, Bd. L S. 616.)

Zusammensetzung des Wassers enthalten seyn, und man müfste Wasserstoff in der Luft finden, die auch Ozon enthalten soll. Der zweite Einwurf besteht darin, dafs Hr. Schönbein annimmt, instantane elektrische Entladungen, wie die einer Leidner Flasche oder der Blitz, haben eine zersetzende Kraft. Meiner Meinung nach ist dem nicht also, vielmehr zur Scheidung von Sauerstoff und Wasserstoff, und folglich auch zur Abtrennung des *Ozons*, ein continuirlicher Strom erforderlich. So lange endlich das Ozon nicht isolirt worden, ist es schwierig die Existenz desselben anzunehmen, wenigstens zu Gunsten desselben so kräftige Beweise herbeizuschaffen als die, welche es für das Daseyn des Fluors giebt.

Bei Wiederholung der Versuche des Hrn. Schönbein habe ich mich überzeugt, wie er, dafs man die Ursache dieses Schwefel- oder Phosphorgeruchs nicht in fremden, dem zersetzten Wasser beigemengten Substanzen zu suchen habe. Allein ich bin noch der Ansicht, die ich vor der Veröffentlichung der Arbeit des Hrn. Schönbein hegte, nämlich, dafs dieser Geruch von dem Metall herrührt, welches als Pol der Säule in der Flüssigkeit dient.

Mit einer sehr starken Säule fand ich zunächst die Thatsache bestätigt, dafs, in der Luft wie im Vacuo, sehr zarte Metalltheilchen vom positiven Pol zum negativen übergeführt werden; ich bediente mich dazu, statt der Kohlenspitzen, zweier Stücke Platinschwamm, die einander sehr nahe waren, sich aber nicht berührten. Ich habe sogar bei diesem Versuch etwas vom Geruch verspürt. Ich bemerkte ihn auch, wenn ich mäfsig angesäuertes Wasser durch einen sehr starken Strom zersetzte, mittelst zweier Platindrähte oder nicht sehr grofser Platinplatten. Nach einer gewissen Zeit und wenn sich die vom Strom durchlaufene Flüssigkeit stark erhitzt hat, erblickt man ein schwarzes Pulver, welches fein zertheiltes Platin ist. Es scheint sich von dem Draht oder der

Platte des positiven Pols Platin abzulösen. Ich bin daher zu glauben geneigt, dafs der zum positiven Pol austretende Strom ungemein zarte Theilchen des Metalls, aus dem dieser Pol besteht, mit sich führt, dafs diese oxydirten Theilchen zum Theil fortgerissen werden von dem Sauerstoff, welcher sich an der Oberfläche des Metalls entwickelt, wo der Strom sie ablöst, und dafs sie somit in diesem Gase schweben bleiben und durch ihre Gegenwart zu dem erwähnten Geruche Anlafs geben. Dieser Geruch würde also von sehr zarten Theilchen eines Metalloxyds herrühren [1]).

Die Gegenwart oxydirbarer Körper mufs, wie Hr. Schönbein bemerkt hat, diesen Geruch verschwinden machen, weil sie sogleich eine Reduction des Platinoxyds bewirkt. Die Temperatur-Erhöhung der Flüssigkeit wird dasselbe bewirken, weil sie das Oxyd reducirt. In der That ist es ein merkwürdiger Umstand, dafs wenn der Strom sehr stark ist und er die Flüssigkeit lang genug durchlaufen hat, um sie bedeutend zu erhitzen, keine Spur von Geruch mehr da ist.

Alle diese, von der Erfahrung bestätigten Resultate stimmen sehr wohl mit meiner Hypothese. Allein folgende Thatsache scheint ihr vorzüglich günstig zu seyn.

Bedient man sich zur Zersetzung eines schwach gesäuerten Wassers, z. B. eines, welches 0,01 Vol. Schwefelsäure enthält, einer schwach geladenen constanten Säule von 10 Elementen, so bemerkt man keine Spur von Geruch, wenn man als Pole zwei Platten oder zwei lange Drähte von Platin nimmt. Wenn man aber, ohne an der Platte oder dem Draht des negativen Pols etwas zu ändern, die Oberfläche des als positiver Pol dienenden Drahts beträchtlich verringert, sey es, dafs man sie

1) Diese oxydirten Metalltheilchen, welche vom Platindraht abgelöst werden, erklären, weshalb, wie wir oben gesehen, bei Zersetzung des Wassers immer ein stärkerer Antheil vom Sauerstoff als vom Wasserstoff verschwindet, besonders wenn der Strom stark ist.

mit Wachs überzieht und nur in einigen Punkten die Flüssigkeit unmittelbar berühren läfst, oder indem man den Draht in eine Glasröhre einschliefst, so dafs nur allein das Ende mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, so erhält man, obwohl der Strom weit schwächer ist, da er weniger leicht in die Flüssigkeit übergehen kann, einen ungemein starken Geruch. Ueberdiefs findet man, wenn die Zersetzung einige Zeit gedauert hat, die Theilchen des Platins, zu welchen der Strom austreten konnte, leicht zerfressen. — Wenn also der Strom bei seinem Uebergang vom positiven Pol in die Flüssigkeit gehindert und dadurch in einigen Punkten verdichtet wird, führt er beim Austritt diese Metalltheilchen mit fort, welche, oxydirt, den erwähnten Geruch geben. — Mit einer sehr starken Säule zeigt sich im Allgemeinen der Geruch leichter, weil der Strom, als stärker, beim Durchgang durch dieselben Leiter, welche einen weniger intensiven Strom nicht hindern (*gênent*), gehindert (*gêné*) seyn wird; allein, selbst wenn er schwach ist, kann man den Geruch hervorrufen, wenn man seinen Uebergang hindert.

Was den Geruch betrifft, welcher elektrische Entladungen und Blitzschläge begleitet, so ist es noch leichter zu erweisen, dafs er von sehr zertheilten, durch die Elektricität mit fortgeführten Substanzen herrührt. Die Thatsache dieser Fortführung ist durch die zahlreichen Versuche von Priestley bewiesen; derselbe hat gezeigt, dafs der Funke aus dem Conductor einer Maschine mit Metalltheilchen beladen ist, welche von diesem Conductor abstammen und im Sinn der positiven Elektricität gehen. Eben so hat Fusinieri das Daseyn dieser Fortführung bei dem Blitze nachgewiesen. Der Lichtbüschel, welchen die positive Elektricität beim Austritt aus einem Conductor bildet, rührt wahrscheinlich nur von der Verbrennung äufserst feiner Theilchen her, welche diese Elektricität mit sich führt. In diesen sehr zertheilten und oxydirten Molecülen liegt eben der Sitz des Ge-

ruchs, welcher diese Entladungen begleitet, besonders wenn sie intensiv sind und lange Zeit gedauert haben. Alle von Hrn. Schönbein angeführte Thatsachen gereichen dieser Erklärung zur Stütze. Die Thatsache, dafs das Wasser diesen Geruch auffängt, rührt daher, dafs es die metallischen Ausflüsse des Conductors aufnimmt. Der Einflufs der Wärme, welche die Oxyde reducirt, mufs auch, wie die Erfahrung lehrt, das Aufkommen des Geruches verhindern. Endlich sind zwei von Hrn. Schönbein erwähnte Beispiele von einem starken Geruch nach einem Blitzschlage ebenfalls meiner Hypothese günstig, weil in diesen beiden Fällen der Blitz in eine Thurmspitze einschlug, folglich metallische Leiter traf.

Ein Einwand, der sich gegen die eben aufgestellte Erklärung erheben liefse, ist die Einerleiheit des Geruchs, aus was für ein Metall auch die Elektricität austreten mag. Wenn die Ursache des Geruchs in dem Metalloxyde liegt, so könnte man sagen, müfste dieser Geruch mit der Natur dieses Oxydes variiren. — Darauf erwidere ich: es ist sehr natürlich, dafs so ähnliche Körper, wie die Oxyde von Platin, Gold, Silber und Kupfer, auch einen ähnlichen Geruch besitzen. Ueberdiefs ist unser Geruchssinn nicht so vollkommen, dafs er sehr zarte Abstufungen zwischen verschiedenen Gerüchen unterscheiden könnte. Beim Einathmen jenes riechenden Gases, einer zur Wahrnehmung des Geruchs noch besseren Methode, da dabei Geschmacks- und Geruchssinn zugleich afficirt werden [1]), habe ich endlich gefunden, und nicht blofs ich allein, dafs in der Wirkung, welche das besagte Princip auf jene beiden Organe hervorbringt, merkliche Verschiedenheiten da sind, je nachdem die Drähte, welche den Strom in das gesäuerte Wasser leiten, aus Platin, Gold oder Silber bestehen. Der

1) Diefs Verfahren lernte ich von Hrn. Melly, der es von Hrn. Schönbein selber hat, dessen Versuche er gesehen.

Eindruck war beim Platin und Silber weit unangenehmer und schärfer als beim Gold. Mit Kupferdrähten erhielt ich gleichfalls eine Empfindung, zwar eine schwächere als bei den übrigen Metallen, weil das Kupferoxyd sich fast gänzlich im gesäuerten Wasser löst, doch aber von etwas anderer Natur als die, welche ich mit Platin, Gold und Silber bekam. Bei allen diesen Versuchen war das von mir angewandte Wasser destillirtes, vermischt mit einer kleinen Menge sehr reiner Schwefelsäure.

Ich füge noch hinzu, dafs man, wenn man mit Golddrähten arbeitet, anfangs einen sehr starken Geruch bekommt; darauf sieht man nach und nach den Golddraht, der als positiver Pol dient, ein röthliches Ansehen annehmen, eine Anzeige von seiner Oxydation, während das Sauerstoffgas und der Geruch zugleich abnehmen, bis der Draht eine ganz röthliche Farbe angenommen hat. Vertauscht man nun die Pole; so zeigt der Draht, der röthlich geblieben ist, sogleich eine pulverförmige Oberfläche, eine Folge der Reduction des Oxyds. Bringt man den Draht wiederum in Verknüpfung mit dem positiven Pol, so tritt der Geruch zu Anfange abermals mit grofser Stärke auf.

Ich habe wohl nicht nöthig hinzuzufügen, dafs die so ausgezeichnete negative Polarität, welche Drähte oder Platten von Gold und Platin bei Einsenkung in den mit dem riechenden Princip beladenen Sauerstoff erlangen, wahrscheinlich von einer Ablagerung des darin schwebenden Oxyds auf ihre Oberfläche herrührt. Wie ich oben gezeigt, ist sehr zertheiltes Platin, im oxydirten Zustande, ungemein negativ, wenn es mit ausgewalztem oder zu Draht gezogenem Platin eine Kette bildet. Wahrscheinlich sind es also auch Platin- oder Goldtheilchen, welche, durch den Strom zu den als negativen Pol dienenden Drähten oder Platten hingeführt und daselbst durch den entwickelten Wasserstoff vollständig reducirt, die

starke positive Polarität dieser Drähte und Platten bewirken. Diese Polarität ist weit stärker als die, welche dieselben Metalle durch bloſse Eintauchung in gewöhnliches Wasserstoffgas erlangen.

(Schluſs im nächsten Heft S. 477.)

VI. *Bemerkungen zu einem Aufsatze von Henrici, „zur Galvanometrie" überschrieben; von H. Buff.*

Im 43. Baude dieser Annalen hat Henrici eine Abhandlung mitgetheilt, worin er es der Mühe werth hält (S. 290) zwei kleine Arbeiten, die ich vor einigen Jahren in den Liebig'schen Annalen bekannt machte, einer besonderen Prüfung zu unterwerfen.

In der einen dieser Arbeiten hatte ich mir zur Aufgabe gemacht, auf rein experimentellem Wege zu zeigen, daſs die bewegende Kraft des elektrischen Stroms, oder was Faraday damals mit dem Worte *Intensität* bezeichnete, und seinen Versuchen nach für eine eigenthümliche Eigenschaft des Stroms ansehen zu müssen glaubte, vollkommen identisch sey mit dem, wofür man in der statischen Elektricitätslehre den Ausdruck *elektrische Tension* oder *Spannung* gewählt hat.

Ich begann zu dem Ende hervorzuheben, daſs in der galvanischen Kette eine Vermehrung der Paare nur für den Fall unvollkommener Schlieſsung von Nutzen ist, und indem ich mich streng an die sinnliche Wahrnehmung hielt, drückte ich mich mit den Worten aus: *die Fähigkeit eines unvollkommenen Leiters, die Elektricität durchzulassen, werde durch Vergröſserung der Batterie erhöht.*

Ich sollte denken dieser einfache Ausspruch eines so bekannten Erfahrungssatzes müfste wahr bleiben, wie man auch im Laufe der Zeit denselben erklären mag. Eine solche Erklärung zu geben, lag jedoch nicht in meinem Zweck. Mir war es nur darum zu thun, zu zeigen, dafs jene Fähigkeit der unvollkommenen Leiter mit anderen bekannten Erscheinungen im genauesten Zusammenhange steht. Nun weifs man, dafs schlechte Leiter, welche für eine elektrische Ladung von ganz geringer Dichtigkeit so gut wie Isolatoren angesehen werden dürfen, eine stärker gespannte Elektricität gleichwohl durchlassen. Die Vermuthung liegt also nahe genug, dafs etwas Aehnliches auch bei dem Schliefsungsleiter der galvanischen Kette eintritt. Ich untersuchte demzufolge mit Hülfe des Elektrometers die elektrische Spannung an verschiedenen Punkten der geschlossenen Kette, und fand, dafs dieselbe bei unvollkommener Schliefsung, nach den Polen hin in dem Maafse zunimmt, als die leitende Verbindung beider Pole unvollkommener, und die Anzahl der wirksamen Glieder der Kette vermehrt wird; dafs also die mangelhaft geschlossene Säule ein, demjenigen der ganz offnen sehr ähnliches Verhalten zeigt.

Demnach glaubte ich mich unbedenklich zu dem Schlusse berechtigt: *dafs der Nutzen zusammengesetzter Ketten nur darin besteht, durch Erzeugung einer stärker gespannten Elektricität, an solchen Stellen der Kette, wo schlechtere Leiter eingeschlossen sind, den Uebergang des Stroms zu bewirken.* Oder mit andern Worten: wenn ein unvollkommener Leiter ein Glied der geschlossenen Kette bildet, und wenn durch diese Kette stets dieselbe Menge Elektricität geführt werden soll, so ist es *wesentlich* an den Gränzpunkten des eingeschalteten Leiters eine um so gröfsere Spannung hervorbringen zu können, je mangelhafter seine Leitfähigkeit ist.

Mein Zweck, die gesteigerte forttreibende Kraft der

zusammengesetzten Kette mit anderen bekannten Wirkungen der Elektricität in Einklang zu bringen, oder das Unbestimmte in dem Begriffe des Faraday'schen Ausdrucks *Intensität* aufzuklären war somit erreicht.

Die Ausdehnung der vorerwähnten experimentellen Untersuchung auf die sogenannten Zwischenplatten oder auf mehrere indifferente Zellen in derselben Säule, lag jedoch so nahe, dafs ich mich in der zweiten Arbeit auch darauf einliefs.

Nach den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie wird, wie bekannt, *die elektrische Spannung* als die eigentliche Triebkraft des Stroms betrachtet. Da nun meiner Arbeit dieselbe Vorstellung zu Grunde liegt, so begreift es sich, dafs meine elektrometrischen Versuche (und nur auf diese kann ich, als mir angehörend, Ansprüche machen) zu Resultaten führen mufsten, die sich nach dem Ohm'schen Gesetze voraussehen liefsen. Aber der experimentelle Beweis, dafs in der unvollkommenen geschlossenen Kette, ähnlich wie in der ganz offnen, die elektrische Spannung nach den Polen hin zunimmt, fehlte bisher. Einige Versuche hierüber schienen mir daher nicht überflüssig, und das bestätigende Resultat, das sie lieferten, der Erwähnung nicht unwerth.

Sicherlich hat Henrici diefs anerkannt, indem er dieser Arbeit einige Aufmerksamkeit widmete, und indem er bestätigte, dafs die Resultate derselben mit dem Ohm-schen Gesetze übereinstimmen. Auch war diese Uebereinstimmung durchsichtig genug. Gleichwohl findet er, dafs die von mir gezogenen, schon oben erwähnten Folgerungen mit den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie unverträglich seyen! Henrici hatte wohl, da er diefs niederschrieb, übersehen, dafs meine Schlüsse nicht anders waren, als der wörtliche Ausdruck für die beobachteten Thatsachen, gegründet auf eben die Vorstellung, von welcher auch Ohm ausging.

Henrici macht dann dem zweiten Theile meiner

Arbeit einen ähnlichen Vorwurf; auch hier sollen meine Schlüsse mit den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie nicht bestehen können. In dieser zweiten Arbeit gelangte ich nun zunächst zu dem Schlusse, daſs jede Zwischenzelle einen gleichen Antheil von der bewegenden Kraft der Säule in Anspruch nimmt, daſs übrigens die Ordnung, nach welcher man die Zwischenzellen einschaltet, gleichgültig ist.

Sehen wir was das mathematische Gesetz hierüber sagt:

Indem ich mich der von Henrici gewählten Zeichen bediene, ist die Quantität der durch eine Kette mit einer indifferenten Zelle strömenden Elektricität:

$$Q_n = \frac{nA}{nR+r}.$$

Nun soll eine zweite Zwischenplatte von derselben Art an einem beliebigen Punkte eingesetzt werden, und die Quantität Q_n soll ungeändert bleiben. Dieser Bedingung kann aber auf keine andere Weise als durch Verdopplung der wirksamen Zellen genügt werden, denn nur in diesem Fall erhält man $\frac{2nA}{2nR+r+r} = \frac{nA}{nR+r} = Q_n$, d. h. mit Worten: jede Zelle verlangt einen gleichen Antheil der Triebkraft.

Ich kann jetzt um so mehr unterlassen auf das weitere Detail meiner zweiten Arbeit einzugehen, als auch Henrici sich damit begnügt, meine Ansichten zu verwerfen, ohne übrigens irgend Gründe dafür anzugeben, und da überdieſs aus dem Vorhergehenden zur Genüge hervorgeht, daſs sein Urtheil kein ganz unbefangenes genannt werden kann.

Schlieſslich stimme ich ihm gern bei, daſs die Ohmsche Theorie ein höchst wichtiges Hülfsmittel ist für unsere Forschungen in der Elektricitätslehre, wenn ich mich auch nicht dazu verstehen mag einer Sitte nachzuahmen,

die, vielleicht um früher Versäumtes nachzuholen, gegenwärtig allerdings ziemlich verbreitet ist, ich meine das Bestreben, bei jeder noch so unbedeutenden Gelegenheit das Ohm'sche Gesetz voranzustellen. Es läſst sich aus einem solchen Verfahren für die Fortschritte der Wissenschaft kaum mehr Nutzen erwarten, als aus dem eines jungen Kandidaten, der mir kürzlich mit vielem Aufwande von höherem Calcül sehr richtig nachwieſs, daſs der Schwerpunkt einer geraden Linie in deren Mitte liegt [1]).

VII. *Notiz über die secundären galvanischen Ströme; von F. C. Henrici.*

Hr. Pfaff hat sich der geneigten Bemühung unterzogen, einen von mir herrührenden Versuch einer ausführlichen Wiederholung und Discussion zu unterwerfen. Die Resultate, welche Derselbe dabei erhalten hat (Annalen, Bd. LIII S. 20), weichen in einigen wesentlichen Punkten von den meinigen ab, und demnach hält Hr. Pfaff meine Deutung des fraglichen Versuchs nicht für zulässig. Obgleich ich keinen Grund auffinden kann, in meine eigenen Versuche irgend ein Miſstrauen zu setzen, so habe ich es doch, dem genannten verehrten Gelehrten gegenüber, für meine Pflicht gehalten, eine neue Wiederho-

1) Der geehrte Verf. wird dieſs sicher nur von dem Miſsbrauch des Ohm'schen Gesetzes verstehen wollen, der sich mit diesem so gut wie mit jeder Sache treiben läſst. Sonst dürfte dem Galvaniker wohl eben so wenig ein Vorwurf daraus entspringen, daſs er dieses Gesetz (dessen Wichtigkeit noch erst neuerlich durch Verleihung der Copley'schen Medaille an seinen Urheber von der *Royal Society* zu London öffentlich anerkannt worden ist), häufig im Munde führt, als man den Optiker oder Chemiker tadeln könnte, weil er so oft von der Interferenzformel oder der Atomentheorie spricht. P.

lung des Versuchs zu unternehmen, und erlaube mir nur die Ergebnisse derselben in Kürze mitzutheilen.

Zunächst ist Hr. Pfaff mit meiner Erklärung derjenigen galvanischen Wirkung nicht einverstanden, welche auf einen Metalldraht durch ein mit diesem in einer und derselben Flüssigkeitsmasse befindliches Zinkplättchen dann ausgeübt wird, wenn beide *nicht* metallisch mit einander verbunden sind. Ich habe diese Wirkung aus der elektromotorischen Action zwischen dem Metalldraht und dem durch die chemische Wasserzersetzung, welche das Zink bewirkt, frei werdenden Wasserstoff erklärt, welcher zufolge der Draht negative Elektricität annehmen mufs, wie es denn auch in dem Versuche der Fall ist. Alle meine Erfahrungen über diesen Gegenstand rechtfertigen diese Erklärung, und ich kann dafür unter andern auch noch den folgenden Beweis hinzufügen. Wenn man nämlich in zwei durch eine poröse Scheidewand von einander getrennte und mit schwefelsaurem Wasser gefüllte Zellen zwei homogene Platindrähte einsetzt, und diese durch einen empfindlichen Multiplicator verbindet, so darf man nur in die eine Zelle neben dem darin befindlichen Platindraht einen Streifen von *Zinn* oder *Blei* (und diese können sogar an ihrer Oberfläche amalgamirt seyn) einsenken, um alsbald eine deutliche Bewegung der Multiplicatornadel in einer der angegebenen elektromotorischen Action entsprechenden Richtung wahrzunehmen. In diesem Falle ist also schon die geringfügige Wasserstoffentwicklung, welche Zinn und Blei bewirken, hinreichend, den Platindraht im entsprechenden Sinne, wie man zu sagen pflegt, zu polarisiren. Wie viel mehr mufs dieses nun nicht mit Zink (und eben so auch mit Eisen) selbst in neutralen Salzlösungen der Fall seyn!

Wenn nun weiter, während die Drähte *a* und *b* (Bd. LIII, Taf. I Fig. 1) durch den Multiplicator verbunden sind, die kleine Kette geschlossen wird, so entsteht, wie die Bewegung der Magnetnadel zeigt, stets ein gal-

vanischer Strom in dem erstgenannten Leitungsbogen, welcher von dem der Kupferplatte anliegenden Drahte in die Flüssigkeit, von dieser in den andern Draht, und von diesem in den Multiplicator übergeht. Hr. Pfaff will nun, dafs dieser Strom nichts anderes als ein durch die eben genannte als Nebenschliefsung fungirende Leitung hervorgerufener Nebenstrom sey, was derselbe, wie ich selbst bereits früher erörtert habe, seiner Richtung nach allerdings seyn könnte. Wenn Hrn. Pfaff's empfindlicher Multiplicator einen solchen Nebenstrom wirklich erkennen lassen sollte,* so wäre die Form des Versuchs freilich nicht geeignet, eine unzweideutige Entscheidung herbeizuführen. Ich habe daher jetzt die folgende Einrichtung gewählt. Zwischen ein doppelt gebogenes Zink- und Kupferblättchen *z* und *k* (Fig. 9 Taf. II), welche durch Anschrauben an ein Holzstückchen *h* fest mit einander verbunden werden, konnte das die beiden mit Quecksilbernäpfchen versehenen Platindrähte *a* und *b* tragende Korkstückchen *n* so eingesetzt werden, dafs die Drähte die Metallplättchen berührten. Die Drähte waren jedoch mit einem feinen baumwollenen Faden einfach umwickelt. Diese Vorrichtung wurde dann in ein passendes Glas gestellt, und die zu prüfende Flüssigkeit in dieses eingegossen. Die vor und nach der Schliefsung der Kette zu beobachtenden Erscheinungen waren ganz dieselben als die früheren, und es kam nun also darauf an zu beweisen, dafs sie im letzten Falle im Wesentlichen nicht von einem Nebenstrom hergeleitet werden können. Zu dem Zwecke blieben die beiden Platindrähte während der Schliefsung der Kette *ohne* metallische Verbindung, und wurden, nachdem sie so eine Zeit lang in der geschlossenen Kette gestanden, vermittelst des sie tragenden Korkstücks herausgehoben, in ein anderes mit derselben Flüssigkeit wie die Kette gefülltes Glasgefäfs eingesetzt und dann mit dem Multiplica-

tor verbunden. Es erfolgte darauf sofort eine mehr oder minder beträchtliche Ablenkung der Magnetnadel in derselben Richtung wie früher, so dafs auch jetzt das Vorhandenseyn eines von dem dem Kupferplättchen anliegend gewesenen Drahte in die Flüssigkeit übergehenden elektrischen Stromes keinem Zweifel unterlag. Wenn, nachdem dieser Strom erloschen war, die Drähte auf die angegebene Weise wieder in die Kette eingesetzt, und nach einiger Zeit abermals in das zweite Gefäfs übertragen wurden, so trat die vorige Ablenkung der Multiplicatornadel auf's Neue ein; ja es wurde sogar, wenn die Drähte alsdann in verwechselter Stellung in die geschlossene Kette eingesenkt wurden, dadurch ihr elektrischer Zustand *umgekehrt*, indem der auf die angeführte Weise zu beobachtende elektrische Strom stets von dem nahe am Kupfer gewesenen Drahte in die Flüssigkeit überging.

Diese Erfolge liefern, wie ich glauben mufs, für die Richtigkeit meiner Ansicht von den secundären elektrischen Strömen einen neuen sprechenden Beweis; und man kann, dünkt mich, nicht wohl deutlicher vor Augen legen, dafs das Wesen der sogenannten galvanischen Polarisirung oder Ladung der Metalle lediglich in den Zersetzungen seinen Grund habe, welche jeder flüssige Leiter unmittelbar an den ihn begränzenden Metallflächen durch einen hindurchgehenden elektrischen Strom erleidet. Eine wirkliche materielle Veränderung der Metalloberflächen gehört offenbar nicht zum Wesen der Erscheinung, sondern ist vielmehr umgekehrt als störend für ihr Auftreten in voller Reinheit zu betrachten. Die Benennung »secundäre Ströme« rechtfertigt sich übrigens durch deren Ursprung wohl hinreichend von selbst; ob solche aber, in aller Strenge gesprochen, in den geschlossenen Ketten selbst wirklich vorhanden sind, oder ob in denselben nur secundäre, den primären entgegengesetzte *Wirkungen* existiren, diefs wird davon abhängen, ob die elek-

trische Bewegung eine fliefsende oder eine undulatorische ist. Nur im letzten Falle kann jenes Erstere, wie man glauben mufs, stattfinden.

Meine Versuche wurden mit Lösungen von Salmiak, Kochsalz und schwefelsaurem Kali angestellt. In der That darf man nur ähnliche Flüssigkeiten zu diesen Versuchen anwenden; und man überschreitet die in der Sache selbst liegenden Gränzen, wenn man, wie Hr. Pfaff, Flüssigkeiten dazu wählt, welche durch das Zink eine kräftige chemische Zersetzung erleiden. Findet an demselben z. B. eine beträchtlichere chemisch erfolgende Wasserstoffentwicklung statt, wie es in diluirten Säuren der Fall ist, so wird dadurch offenbar die elektrisch bewirkte Wasserstoffentwicklung am Kupfer compensirt und unwirksam gemacht. In solchen Fällen würde man den Versuch an Platinplatten machen müssen, die sich in dem Zersetzungsapparate einer kleinen Säule befinden.

Hr. Pfaff hat vor Kurzem mit Recht daran erinnert, dafs schon Volta, mit seinem ungewöhnlichen Scharfblick, die von mir vertretene und immer mehr als die richtige sich ausweisende Erklärung der galvanischen Ladung aufgestellt habe. Indessen liegt es doch vor Augen, dafs die zu Volta's Zeit vorhandenen Thatsachen zur gehörigen Begründung dieser Erklärung nicht hinreichend waren. Obgleich aber die jetzt bekannten Thatsachen für genügend in dieser Beziehung gehalten werden dürfen, so sind wir doch von einer umfassenden Kenntnifs aller hierher gehörigen Erscheinungen noch weit entfernt. Eine solche ist aber zum Verständnifs der mannigfaltigen Eigenthümlichkeiten, welche die galvanischen Ketten, je nach ihrer besonderen Zusammensetzung, bei einer fortdauernden Schliefsung erkennen lassen, unentbehrlich und es ist daher sehr zu wünschen, dafs dieser Umstand eifrig untersucht werde. Ich selbst hoffe darüber bald einige Erfahrungen mittheilen zu können [1]).

1) Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit einige störende Druckfehler

VIII. *Ueber die Anwendung der Kohle zu Volta'schen Batterien.*

(Briefliche Mittheilung vom Prof. R. Bunsen.)

Marburg, d. 1. Dec. 1841.

— Ich bin in dieser Zeit so sehr mit einer Arbeit über das isolirte Kakodylradical, das in allen seinen chemischen Beziehungen ein wahres organisches Metall ist, beschäftigt gewesen, dafs ich nicht einmal meinen Vorsatz, Ihnen eine Beschreibung der Ihnen vielleicht schon bekannten kleinen Zink-Kohlen-Batterie für die Annalen zu übersenden, habe ausführen können. Sollten Sie es für der Mühe werth halten, eine Notiz darüber zu geben, so würde ich Ihnen mit grofsem Vergnügen einige Data dazu mittheilen, namentlich in Beziehung auf die Anfertigung der Kohlen und die Behandlung des Apparates, die einige Vorsichtsmafsregeln nöthig macht.

Ich habe jetzt eine Kohle durch mehrtägiges Glühen in einem Töpferofen so wirksam erhalten, dafs ein einziges kleines Paar, welches in einem kleinen Trinkglase Platz hat, bei Anwendung von rauchender Salpetersäure (von der diese Kohle die Hälfte ihres Gewichts aufnimmt, ohne an der Oberfläche feucht zu seyn), einen Strom erzeugte, der einen $0^{mm},9$ dicken und $205^{mm},0$ langen Platindraht constant im Glühen erhält.

Ich bin so frei Ihnen einige vergleichende Messun-

bemerklich zu machen, welche sich in meinen Aufsatz im 52. Bande dieser Annalen eingeschlichen haben:

S. 334 Z. 1 v. u. statt ermitteln l. vermitteln.
— — — 17 v. o. st. Uebergangswiderstand l. Widerstand.
— 405 — 21 v. o. eine l. einer.
— — — 23 v. o. Nordpole l. Nadelpole.

gen der absoluten Stromintensität dieser Zink-Kohle-Combination und der Grove'schen Zink-Platin-Kette mitzutheilen, welche mit dem neuen Weber'schen Instrumente erhalten [1]) und aus der Formel

$$\frac{1}{2\pi} R\, T\, tg\, \varphi = I$$

berechnet sind, in welcher R den Halbmesser des dikken Galvanometerrings, T die horizontale Intensität des Erdmagnetismus (für Marburg nach der Gaus'schen Karte zu 1,88 geschätzt), und φ den Ablenkungswinkel bedeutet:

	Zink-Platin.		Zink-Kohle.
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew d. Salpetersäure	1,380	- - -	1,380
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkung der Nadel	80° 30'	- - -	80° 45'
Absolute Stromintensität	180,20	- - -	185,15

	Zink-Platin.		Zink-Kohle.
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew. der rothen rauchenden Salpetersäure	1,410	- - -	1,410
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkungswinkel	81° 0'	- - -	85° 45
Absolute Stromintensität	190,45	- - -	405,85

Es ergiebt sich aus diesem letzteren Versuche, dafs bei Anwendung von rother rauchender Salpetersäure die absolute Stromintensität der Kohlen-Zink-Kette ungefähr doppelt so grofs ist, als die der Grove'schen, obgleich bei der ersteren unter sonst gleichen Umständen die wirk-

1) Eine nähere Beschreibung der Einrichtung und der Principien dieses Instruments wird man im ersten Heft des nächsten Jahrgangs finden. *P.*

same Zinkoberfläche nur halb so grofs war. Die zu diesen Beobachtungen benutzten Londner Thonzellen sogen $\frac{1}{4}$ ihres Gewichts Salpetersäure ein, und wurden erst in die Schwefelsäure eingesenkt, als sie an der Aufsenfläche vollkommen mit Salpetersäure durchtränkt waren. Aufserdem mufs ich noch bemerken, dafs die sämmtlichen, bei diesen Bestimmungen benutzten Gegenstände neu und zuvor nicht gebraucht waren.

Zusatz des Herausgebers. — Ohne dem in obigem Schreiben ausgesprochenen dankenswerthen Anerbieten vorgreifen zu wollen, halte ich es im Interesse der Leser dieser Annalen nicht für überflüssig, hier Einiges aus dem bereits vom Hrn. Verfasser veröffentlichten Aufsatz [1]) vorläufig mitzutheilen.

»Ich habe mich,« heifst es in diesem Aufsatz, »in dieser Zeit mit einigen Versuchen über die vortheilhafteste Construction einer Zink-Kohle-Batterie beschäftigt, die zu sehr befriedigenden Resultaten geführt haben. Man erhält durch heftiges Glühen eines Gemenges von Steinkohlen und Coaks eine poröse, aber aufserordentlich feste, fast metallglänzende Kohle, die sich sehr leicht mit den Werkzeugen der Holzarbeiter bearbeiten läfst, und die dem Platin in der elektrischen Spannungsreihe sehr nahe steht. Die eigenthümliche Beschaffenheit dieser Kohle macht es möglich, sie in der Gestalt von Zellen anzuwenden, wodurch die bei den constanten Batterien nöthigen porösen Thonzellen entbehrlich werden [2]).

1) Annalen der Pharmacie, Bd. XXXVIII S. 311.

2) Die Anwendung einer Kohle von poröser Beschaffenheit, die zugleich das Platin und das Thongefäfs der Grove'schen Kette ersetzt, mufs als das Eigenthümliche der von Hrn. Prof. Bunsen gewählten Construction angesehen werden. Sonst ist die Kohle, nämlich die feste metallisch aussehende aus den Gasretorten, schon von dem Engländer Cooper angewandt worden. (S. Annalen, Bd. XXXXIX S. 589.).

Füllt man eine solche, mit amalgamirtem Zink combinirte Zelle mit geeigneten Oxydationsmitteln an, um durch secundäre Zersetzung die Ausscheidung des Wasserstoffs und den Absatz von Zink und Zinkoxyd an der Kohle zu beseitigen, so erhält man eben so constante als kräftige Wirkungen. Ich habe mich anfangs zu dieser Oxydation des Salpeters, des chromsauren und chlorsauren Kalis oder einer Chlormischung aus Kochsalz und Braunstein bedient, deren Wirkung indeſs wegen der an der Kohle durch Elektrolyse freiwerdenden Basen nicht so constant ist, als bei Anwendung von concentrirter Salpetersäure, die, mit Sand zu einer breiigen Masse gemischt, von der Kohle hinlänglich zurückgehalten wird, und die sich durch Hinzugieſsen neuer Säure in dem Maaſse als sie verbraucht wird, ersetzen läſst. Die Kohle, welche durch Berührung mit Salpetersäure bedeutend an Festigkeit zunimmt, läſst sich leicht reinigen, und übertrifft an Dauerhaftigkeit selbst noch das Platin, welches die Anwendung einer vollkommen chlorfreien Salpetersäure nöthig macht, und der dünnen Platten wegen, in welchen es zu der Grove'schen Combination angewandt wird, groſse Vorsicht, in der Behandlung erfordert.«

. . . »Drei Elemente von den angegebenen Dimensionen (Zinkplatte drei Zoll hoch, vier Zoll breit, mit einer entsprechenden Kohlenzelle), zu einer Säule combinirt, gaben, bei Anwendung einer verdünnten Schwefelsäure, die 8,4 Proc. wasserfreier Säure enthielt, in 25 bis 30 Minuten 1137 Kub. Centimeter Knallgas bei 0° und $0^m,76$.« . . . Eine sechspaarige Säule von der erwähnten Gröſse gab 1105 Cub. Centimeter Knallgas in 14 Minuten.«. . .

Seit Bekanntwerdung der eben beschriebenen Kohlen-Batterie habe auch ich gesucht, sie aus eigener Erfahrung näher kennen zu lernen. Ich habe Gelegenheit

gehabt, eine von Hrn. Prof. Bunsen selbst hieher gebrachte Batterie der Art zu benutzen, habe auch mit Kohlen, die von dem Diener des Marburger Laboratoriums bezogen wurden, eine solche zusammengesetzt, an beiden verschiedene Messungen angestellt, und diese mit ähnlichen an einer Platin-Batterie verglichen.

Nach den hiebei gemachten Erfahrungen kann ich im Allgemeinen die grofse Wirksamkeit der mit poröser Kohle construirten Batterie nur bestätigen, und demnach nicht anstehen, diese Apparate als eine schätzbare Bereicherung unserer physikalischen Hülfsmittel zu bezeichnen. Namentlich glaube ich, dafs man in allen Fällen, wo der elektrische Strom nur als Mittel zum Zweck gebraucht werden soll, sich jener Kohlen-Apparate wird mit Nutzen bedienen können. Wenn indefs gefragt wird, ob sie den Platin-Batterien vorzuziehen seyen, möchte ich mich doch nicht unbedingt für erstere entscheiden.

Als ein Vorzug der porösen Kohle mufs es gelten, dafs sie, in verhältnifsmäfsig kleinem Raum, der eingedrungenen Flüssigkeit eine sehr grofse Oberfläche darbietet, und, weil bei ihr die thönerne Scheidewand der beiden Flüssigkeiten wegfällt, dem Zink sehr nahe gebracht werden kann. Diese beiden Umstände, vereint mit der starken Negativität der Kohle, bedingen die grofse Wirksamkeit der mit ihr construirten Batterien.

Dagegen stellen sich bei der Kohle mancherlei Nachtheile und Unbequemlichkeiten heraus, welche, wenigstens meiner Erfahrung nach, die eben genannten Vorzüge erheblich beeinträchtigen. Die Tauglichkeit der Kohle zu dem doppelten Zweck, als Erreger und als Scheidewand zu dienen, hängt wesentlich von dem Grade ihrer Porosität ab, und dieser ist bei Kohlen, die zu verschiedenen Zeiten oder von verschiedenen Personen bereitet werden, nicht so gleich, dafs man stets mit Sicherheit auf einen gleich guten Erfolg rechnen könnte. Unter den von mir angewandten Kohlen besafsen die

von Hrn. Prof. Bunsen herstammenden wohl den rechten Grad von Festigkeit und Dichtigkeit; aber sie hatten Risse, die mit Wachs verklebt werden mufsten. Die anderen, aus Marburg bezogenen, waren dagegen zu lokker und porös, denn selbst die fehlerfreien unter ihnen, deren es unter einem Dutzend etwa acht gab, gestatteten der Salpetersäure einen so leichten Eintritt in die Schwefelsäure, dafs ich wegen der starken Erhitzung der Flüssigkeit und heftigen Auflösung des Zinks, die auch ohne Schliefsung der Kette erfolgte, genöthigt war, nach einer Viertelstunde den Apparat auseinanderzunehmen. Mit diesen Kohlen gelang es mir nicht, den Strom von einem zu messenden Versuchen tauglichen Grad von Beständigkeit zu erhalten.

Auf meine desfallsigen Klagen erwiederte Hr. Prof. B. in einem späteren Briefe an mich, dafs beide Uebelstände, der unruhige Gang des Apparats und der gröfsere Verbrauch an Salpetersäure (auch unnöthige Verbrauch an Zink. *P.*) völlig vermieden werden könne, wenn man die Kohlen nicht durch ihre Oeffnung mit Salpetersäure fülle, sondern dieselben in diese Säure tauche, bis sie $\frac{2}{5}$ bis $\frac{1}{2}$ ihres Gewichts davon aufgenommen haben; sie sey dann an der Oberfläche vollkommen trocken, und es sey ganz gleichgültig, ob sie Risse haben oder nicht. — Ich habe diese Vorschrift befolgt, in sofern als ich eine $9\frac{3}{8}$ Unzen schwere Kohle mit $3\frac{6}{8}$ Unzen Salpetersäure tränkte, zwar nicht von aufsen, sondern von innen aus, was mir, wenn nur das Quantum Säure gleich ist, einerlei zu seyn scheint. Wirklich war auch die Kohle nicht eigentlich nafs auf ihrer Oberfläche; allein dennoch zeigten sich die beiden Uebelstände in bedeutendem Grade, obwohl ein wenig schwächer als früher bei ähnlichen Kohlen, die mit einer gröfseren Menge Säure getränkt waren. — Ich räume bereitwillig ein, dafs festere, dichtere Kohlen von den gerügten Mängeln frei sind, hoffe auch, dafs die meinigen durch die

Tränkung mit Salpetersäure mit der Zeit an Festigkeit gewinnen; allein ich glaube diefs erwähnen zu müssen, um zu zeigen, welchem Risico man bei dem Gebrauche der Kohlen ausgesetzt ist, vor allem, wenn man selbst sie nicht verfertigen kann, und genöthigt ist, sie von weit her zu beziehen, wo dann auch noch die Transportkosten und die Gefahr des Zerbrechens der Kohle unterwegs in Anschlag kommen.

Ein anderer Uebelstand bei der porösen Kohle liegt darin, dafs die einmal von ihr aufgenommene Salpetersäure nicht rasch aus ihr entfernt werden kann, und so gut wie verloren ist. Zwar kann man die mit Säure getränkten Kohlen, nach dem Gebrauche, in ihren, von der Schwefelsäure entleerten Glascylindern aufbewahren, und solchergestalt mehrmals benutzen; allein theils verbreiten sie dann einen für manche Localitäten schädlichen Dunst, theils verlieren sie auch durch das Stehen an der Luft von ihrer Wirksamkeit. Für manche Zwecke ist dieser Verlust freilich von keiner grofsen Bedeutung. Wo es aber darauf ankommt, stets die anfängliche Wirkung zu erhalten, ist man schon genöthigt, die Kohlen nach dem Gebrauch mehrmals mit Wasser auszulaugen und scharf zu trocknen, — eine Operation, die mindestens Zeit erfordert. Um also die Batterie jeden Augenblick schlagfertig zu haben, bedarf man zweier Kohlen für jede Zelle. Ueberhaupt haben die bisherigen Kohlenbatterien etwas Unsauberes, das sie nicht Jedermann empfiehlt; dahin gehört unter andern das Verkitten der Risse in der Kohle mit Wachs, die Anwendung der Bindfäden zur Trennung der Kohle vom Zink, so wie der Umstand, dafs der Kupferring, welcher die feuchte Kohle umschliefst, von der Salpetersäure stark angegriffen wird. Tränkung des oberen Theils der Kohle mit Wachs hebt oder mindert wohl diesen Uebelstand, mufs aber nothwendig die Leitungsfähigkeit, folglich auch die Stromstärke schwächen.

Was endlich die Wohlfeilheit der Kohlenbatte-

rien betrifft, so ist sie, wenigstens bei dem bisherigen Preis der porösen Kohle, nicht so grofs als es den Anschein hat, besonders wenn man nicht blofs die erste Auslage in's Auge fafst. Ein poröser Kohlencylinder kann freilich oftmals gebraucht werden, aber schwerlich so oft oder öfter als ein Platinblech; dieses behält immer seinen Werth (die Besorgnifs, dafs es durch chlorhaltige Salpetersäure leide, ist ohne Grund, da es durch den galvanischen Strom vor den Angriff, selbst einer gröfseren Menge Chlor als in der käuflichen Salpetersäure enthalten ist, geschützt wird); während jener nach dem Gebrauch, oder nach einem einzigen unglücklichen Fall völlig werthlos ist. Die aus Marburg bezogenen Kohlencylinder kommen hier, mit den Kosten des Transports und dem Risico des Zerbrechens unterwegs, auf einen Thaler das Stück zu stehen; versieht man sich aus angegebenem Grunde mit zwei solchen Cylindern für jede Zelle, so kostet diese an Kohlen also schon zwei Thaler [1]). Für zwei Thaler Platin kann man aber eine Wirkung erhalten, die, um nicht zu viel zu sagen, der eines solchen Kohlencylinders wenig nachsteht. Man wird diefs begreiflich finden, wenn man erwägt, dafs sich das Platinblech, ohne sonderlichen Schaden für die Leitungsfähigkeit, in einer Dünnheit anwenden läfst, bei welcher der Quadratzoll nicht mehr als fünf Silbergroschen kostet. Die Thoncylinder kommen überdiefs kaum in Betracht, da sie sehr wohlfeil sind.

Der bisherige unverhältnifsmäfsig hohe Preis der Platinbatterien gegen den der Kohlenbatterien hat seinen Grund vornehmlich darin, dafs letztere sehr roh, erstere aber mit unnöthiger Eleganz ausgeführt worden sind. Auch ist die Construction derselben, so wie sie von Grove angegeben, und seitdem, wenigstens hier, be-

1) Prof. Bunsen versichert mir in seinem späteren Briefe, dafs man die Kohlencylinder für 2 bis 3 Groschen werde haben können. Das würde nun freilich den ökonomischen Gesichtspunkt sehr verändern.

folgt worden ist, offenbar nicht die zweckmäfsigste. Zur Aufnahme der Salpetersäure und Platinplatten dienen parallelepipedische Thonkasten, die nie so gleichförmig und wohlfeil anzufertigen sind als Thoncylinder; die Kasten ruhen auf den zwei Mal rechtwinklich gebogenen Zinkplatten, die daher in ihrem mittleren, horizontalen Theil von der durchsickernden Salpetersäure bald zerfressen werden; und endlich ist die Zusammenfügung der Platten von der Art, dafs man den Apparat nicht schnell aus einander nehmen kann.

Ich finde es vortheilhafter, Thoncylinder anzuwenden, diese mit Zinkcylindern zu umschliefsen, und in erstere Platinplatten zu stellen, die so gekrümmt sind, dafs sie, von oben gesehen, ein S darstellen. Dadurch wird, ohne Zerstückelung, eine möglichst grofse Platinfläche mit der Salpetersäure in Berührung gesetzt. Diese Platten haben in ihrem oberen Theil an jeder Seite einen transversalen Einschnitt, bis zu einem Drittel ihrer Breite, und die beiden dadurch abgetrennten Stücke sind auf das mittlere Drittel zurückgebogen, so dafs dieses einen verstärkten Fortsatz der Platte bildet. Dieser Fortsatz geht durch einen Einschnitt in den Thondeckel, mit welchem jeder Thoncylinder locker verschlossen wird. Aufserhalb dient derselbe Fortsatz zur Befestigung der Verbindungsstücke, welche aus breiten, an beiden Enden zangenförmig gebogenen und daselbst mit Schrauben versehenen Kupferstreifen bestehen.

Die porösen Thoncylinder, welche ich anwende, sind $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch, halten $1\frac{2}{3}$ Zoll im äufseren Durchmesser und $\frac{3}{4}$ Linie in Wanddicke; sie wiegen 13 bis 14 Drachmen, fassen, bis etwa 3 Linien vom oberen Rand gefüllt, beinahe 5 Unzen Salpetersäure von 1,33 spec. Säure, und saugen davon etwa $\frac{1}{2}$ Unze ein, die also als verloren zu betrachten ist, wenn man die Cylinder nicht mehr gebraucht. Jede Platinplatte wiegt $\frac{1}{6}$ Unze und bietet, beide Seiten gerechnet, der Säure eine Ober-

fläche von 12 Quadratzoll dar [1]). Bei einer Batterie von sechs solchen Bechern kosten die Platinplatten neun Thaler und die Thonzellen mit Deckel 1 Thaler, so dafs das Ganze, wenn man allen Luxus meidet, für 14 bis 15 Thaler darzustellen ist. Der Apparat ist leicht zusammengesetzt und eben so schnell wieder auseinandergenommen. Neun Zehntel der angewandten Salpetersäure können wieder gewonnen und zu fernerem mehrmaligen Gebrauch in einer Flasche aufbewahrt werden; die Thoncylinder lassen sich, wenn man es für nöthig hält, leicht auslaugen, und schon durch blofses Stehen an der Luft in kurzer Zeit hinlänglich trocknen. Kurz die Handhabung eines solchen Apparats ist eben so sauber und bequem, als die Wirkung sicher, gleichförmig und stark. Zu allen feineren, messenden Versuchen wird man, glaube ich, schwerlich einen solchen Apparat gegen eine Kohlenbatterie vertauschen.

Dafs die Wirkungen einer Plattenbatterie von den angegebenen Dimensionen denen einer Batterie mit guten Kohlencylindern, von der Gröfse wie die meinigen, völlig gleich komme, will ich nicht behaupten; aber versichern kann ich, dafs, wenn Platin und Kohle gleich grofse Oberflächen einer Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht darbieten, ersteres das Uebergewicht in der

1) Fände man die angegebenen Dimensionen für seine Zwecke zu klein, so würde es rathsam seyn, entweder mehre Becher von der angegebenen Gröfse, nach dem Princip der einfachen Kette verbunden, als Elemente der Batterie zu benutzen, oder die Höhe der Becher bei ungeändertem Querschnitt zu vergröfsern. Eine Vergröfserung zugleich nach Höhe und Querschnitt oder blofs nach dem letzteren wäre unzweckmäfsig, da die horizontale Dimension der Platten nur wächst wie der Durchmesser der Thoncylinder, der Rauminhalt dieser Cylinder aber wie das Quadrat ihres Durchmessers. Man würde also bei einer solchen Vergröfserung eine unnöthige Masse Salpetersäure gebrauchen, auch unnöthigerweise den Widerstand vermehren, wiewohl nicht gerade in sehr starkem Verhältnifs, denn bei Vergröfserung des Querschnitts der Thoncylinder wächst er wie der Logarithmus der Durchmesser.

Stromstärke hat. Hrn. Prof. Bunsen's Messungen scheinen zwar das Gegentheil darzuthun; allein man mufs wohl erwägen, dafs dabei die Oberfläche der Kohle nur nach der äufseren Fläche der Cylinder geschätzt wurde. In Wahrheit ist sie aber, wegen der Porosität der Masse, weit gröfser, obwohl nicht näher bestimmbar.

Dieser Umstand hat mich veranlafst, verschiedene Messungen, die ich unternahm, um die Wirksamkeit jener porösen Kohle gegen die des Platins kennen zu lernen, vornehmlich auf die Bestimmung der elektromotorischen Kräfte beider Substanzen zu beschränken. Niemals habe ich dabei, wenn ich Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht anwandte, die Kraft der Kohle gröfser als die des Platins gefunden. Die Resultate eines dieser mit Sorgfalt ausgeführten Versuche mögen diefs näher belegen. Die Platinplatte der einfachen Kette war eine der erwähnten S-förmigen, der Kohlencylinder einer der härteren Art, dessen Durchmesser dem des Thoncylinders nahe gleich kam, und der daher in denselben Zinkcylinder gestellt werden konnte, in welchem zuvor der Thoncylinder mit dem Platin stand. Die verdünnte Schwefelsäure enthielt ein Zehntel ihres Gewichts concentrirter Säure, und bildete in beiden Fällen eine gleiche hohe Säule.

Zink, amalgirt. — Platin.

Zeit.	Widerstand des Schliefsdrahts.	Stromstärke.	Widerstand der Kette ohne den d. Schliefsdrahts	Elektromot. Kraft.
10h 23'	26,27	sin 57° 54'	2,991	24,787
26	36,27	- 39 9		
30	26,27	- 58 0	2,825	24,674
32	36,27	- 39 8		

Zink, amalgirt. — Kohle, feste poröse.

Zeit.	Widerstand des Schliefsdrahts.	Stromstärke.	Widerstand der Kette ohne den d. Schliefsdrahts	Elektromot. Kraft.
10h 47'	26,27	sin 57° 34'	2,511	24,292
49	36,27	- 38 47		
52	26,27	- 57 11	2,461	24,146
55	36,27	- 38 34		
57	26,27	- 56 44	2,134	23,749
11h 0	36,27	- 38 12		

Die Kraft der Kohle war also etwas geringer, und, wenigstens bei dem angewandten Exemplar, nicht so constant als die des Platins. Dagegen war der Widerstand in der Flüssigkeit bei ersterer geringer als bei letzterem; es wird also, gleiche Dimensionen bei ihnen vorausgesetzt, bei kleinem Widerstande im Schliefsdrahte, die Kohle das Uebergewicht in der Stromstärke haben, bei gröfserem das Platin, oder wenigstens wird eine Gleichheit zwischen beiden bestehen.

Letzteres habe ich durch einen directen Versuch bestätigt. Ich verband successiv eine, zwei, drei Zink-Platin-Ketten von der eben angegebenen Beschaffenheit mit einem Voltameter, dessen Platinplatten einen Quadratzoll grofs sind und einen Viertelzoll auseinanderstehen. In verdünnter Schwefelsäure, die ein Zehntel ihres Gewichts an concentrirter Säure enthielt, bekam ich an Knallgas innerhalb einer Minute

mit einer Kette	eine Spur	
- zwei Ketten	19,29 C.C.	bei 0° und 0m,76
- drei Ketten	48,26	- - - - -

also noch eine Kleinigkeit mehr als Prof. Bunsen mit einer ähnlichen Kohlensäule.

Mit rother rauchender Säure habe ich diesen Vergleich nicht wiederholt, weil diefs bei der härteren Kohle die Verkittung mit Wachs verbot, und die lockere mir hiezu zu porös zu seyn schien.

Indefs habe ich, mit dieser Säure von 1,40 spec. Gewicht, und mit Schwefelsäure, die ein Fünftel ihres Gewichts an concentrirter Säure enthielt, einen solchen Vergleich zwischen Platin, Graphit und der bei der Gasbereitung zurückbleibenden, metallisch aussehenden und nicht porösen Kohle angestellt. Da die Gröfse der negativen Elemente dieser Ketten sehr ungleich waren, so gebe ich hier nur die elektromotorischen Kräfte. Diese waren:

beim Zink (amalg.) -	Platin	26,676
- - -	Graphit	26,679
- - -	Gaskohle	26,623

also so gut wie gleich.

Der Graphit, der ein Parallelepipedum mit glatt gearbeiteter Oberfläche bildete, war, nach dem Gebrauch, mit einem Pulver aus seiner Masse bekleidet. Ich schreibe dieses feinen, eingesprengten Schwefelkiestheilchen zu, die sich zersetzt hatten. Die Gaskohle war unverändert geblieben.

Wenn man die Gaskohle leicht in regelmäfsig geformten Cylindern haben könnte, so glaube ich würde der Cooper'sche Vorschlag sehr beachtenswerth seyn; man würde sie, wie das Platin, in Thoncylindern anwenden können. Allein was ich bisher von solcher Kohle sah, läfst mich ihre allgemeine Anwendbarkeit bezweifeln. Gröfsere Massen zeigten sich mir in sehr unregelmäfsiger Weise aus Parthien von viererlei Beschaffenheit zusammengebacken: einer porösen, ganz der Bunsen-schen gleich, einer derben glanzlosen, einer metallischglänzenden und einer graphitähnlichen. Die zweite und dritte Art würden vorzugsweise benutzbar seyn; aber beide besitzen einen solchen Grad von Härte, dafs sie sich mit der Feile nicht bearbeiten lassen, und jedenfalls, zu regelmäfsigen Stücken geformt, bedeutend kostspielig würden. Die graphitähnliche zerreibliche Kohle ist von diesem Mangel frei; wenn man aber einmal Graphit anwenden wollte, würde der natürliche, oder die Masse der Ipser Schmelztiegel wohl vorzuziehen seyn.

Die aufserordentlich starke Wirkung, welche Hr. Prof. Bunsen, bei Anwendung von rother rauchender Salpetersäure, mit seiner Kohle bekommen hat, scheint mir, den obigen Erfahrungen gemäfs, nur durch die Gröfse ihrer inneren Oberfläche erklärlich zu seyn. Die Thatsache ist ungemein interessant [1]); allein für die Praxis

1) Das angegebene Zahlenverhältnifs möchte wohl eine Verification ver-

halte ich sie weniger wichtig, denn die rothe rauchende Salpetersäure ist im Gebrauch zu unangenehm und auch zu kostbar, als dafs sie je für gröfsere Batterien eine allgemeine Anwendung finden könnte.

Ich selbst habe freilich früherhin geglaubt, dafs, mit Anwendung jener concentrirten Säure, das Eisen einen Stellvertreter des Platins abgeben könne, da man wirklich mit Eisen in solcher Säure und mit amalgamirtem Zink in Schwefelsäure einen Strom erhält, der dem der Grove'schen Säule sehr nahe kommt [1]). Allein seitdem ich mich näher mit dieser vertraut gemacht habe, bin ich davon zurückgekommen und zu der Ueberzeugung gelangt, dafs letztere, geladen mit der gewöhnlichen käuflichen Salpetersäure von 1,33 spec. Gew. den Vorzug verdient, und dafs man jedenfalls besser thut, durch Gröfse oder Anzahl der Platten zu ersetzen, was etwa ihrem Strom an der gewünschten Stärke abgeht.

Schliefslich mufs ich nochmals wiederholen, dafs ich mit vorstehenden Bemerkungen keineswegs beabsichtigt habe, den Werth der Kohlenbatterien herabzusetzen. Ich gebe zu, dafs sie neben denen aus Platin einen ehrenvollen Platz behaupten werden; nur verdrängen werden sie, meiner Meinung nach, dieselben nicht.

dienen, da bei Winkeln über 80° die Tangenten in solchem Maafse wachsen, dafs ein kleiner Beobachtungsfehler einen sehr grofsen in der Intensität nach sich zieht.

1) S. Monatsbericht der Berliner Academie, Aprilstück 1841. — Es gilt jedoch nur von den mit Zink und Eisen gebildeten Ketten; die aus zwei Eisenplatten zusammengesetzten haben eine bedeutend geringere Kraft und Stromstärke, und daher erwähnte ich derselben nicht, obwohl ich damals auch über sie Messungen angestellt hatte. Das Verdienst der ersten Bildung beider Ketten gebührt übrigens dem Engländer Hawkins. (*Phil. Mag.* 1840, *Vol. XVI p.* 115.)

IX. *Beschreibung eines Apparats zum Abkühlen, Abdampfen von Körpern sowohl im lufthaltigen als leeren Raum über Schwefelsäure; von* Christ. Schütz *aus Bern.*

Der Gedanke, mit einem und demselben Apparate alles ausüben zu können, was in einem Laboratorium in einem trocknen Raume über Schwefelsäure, Chlorcalcium u. s. w. vorzunehmen ist, und mit einem so viel als möglich wohlfeilen Instrumente, gab die Veranlassung zu diesem Trockenapparat. (Siehe Taf. II Fig. 11.)

a ist eine kleine Handluftpumpe nach Gay-Lussac (diese Annalen, Bd. XXVI S. 330 beschrieben), wie man sie zu organischen Analysen anwendet. Auf den Rand des Halses der 5" breiten und 8 bis 9" hohen Flasche *cd* ist vermittelst Lack eine Scheibe von Messing aufgekittet, die in ihrer Mitte ein Loch mit einer angelötheten Hülse nach der inneren Seite der Flasche hat; in diese Hülse ist inwendig ein Gewinde eingeschnitten, auf welches das Hahnstück *b* geschraubt werden kann. Die Flasche *cd* wird bei *e* durch das Rad eines Glasschleifers von einander getrennt; die aus einander genommenen Theile müssen auf einer flachen Platte von Eisen oder Kupfer so lange mit Smirgel geschliffen werden, bis sie luftdicht auf einander schliefsen. Ich führe das Verfahren des Aufeinanderschleifens deshalb hier an, weil man sonst diese Arbeit ebenfalls dem Glasschleifer überläfst, welcher es dann mittelst des Rades thun will, welches auf diese Art ganz unmöglich zu bewerkstelligen ist. In den Rand (von *d*) bei *e* wird ein $\frac{1}{2}$" hoher Ring so eingepafst, dafs er nur bis auf die Hälfte seiner Höhe hineingeht, und nach Bedarf zum

Ausgiefsen der Schwefelsäure herausgenommen werden kann. Dieser Ring kann von Messing seyn. Die obere Hälfte dieses Ringes geht etwas nach Innen, so dafs die Glocke *c* mit Leichtigkeit darüber aufgestellt werden kann; damit dieser Ring nicht in den untern Theil herunterfalle, wird in der Mitte seiner Höhe ein Drähtchen ringsherum aufgelöthet. Ganz oben ist eine runde Platte aufgelöthet, welche vom Mittelpunkt aus bis auf ½" vom Rande ausgeschnitten worden ist. Dieser ½" breite Rand ist ringsherum mit Löchern versehen, damit, wenn eine grofse Schale beim Gebrauche das grofse Loch ausfüllen würde, die Schwefelsäure dennoch vermittelst der kleinen Löcher auf die im oberen Theile sich befindende Feuchtigkeit wirken kann. In den untern Theil des Apparates (*d*) wird concentrirte Schwefelsäure gegossen, der Messingring hineingesetzt, die Glocke *c* über den Ring auf *d* gestellt, und der Apparat ist zum Gebrauche bereit.

Der Gebrauch dieses Apparats ist mehrfach; nämlich zum Abkühlen der Tiegel über Schwefelsäure bei quantitativen Analysen, dazu kann man die Pumpe über dem Hahne *b* abschrauben. Dafür gebraucht man, so viel mir bekannt ist, besondere Apparate (Abkühlungsglocken). Zweitens zum Trocknen der Mineralpulver, zur Entfernung des hygroskopischen Wassers bei quantitativen Analysen. Zu diesem Zwecke dienen auch Berzelius's und Brunner's Apparate. Drittens kann er benutzt werden im luftleeren Raume zu trocknen, abzudampfen, und blofs zu diesem Zweck ist die Pumpe nöthig. Im leeren Zustande kann er auch erwärmt werden, um, wo es nichts schadet, das Verdampfen zu beschleunigen. Hier vertritt dieser Apparat die grofsen und kostbaren Luftpumpen. Seine Höhe gestattet auch Thermometer anzubringen.

Beim Gebrauche müssen die Theile *c* und *d* vor dem Aufsetzen auf einander mit Talg bestrichen werden,

dazu

dazu bediene ich mich eines kleinen, sehr einfachen Instrumentes, welches nur so viel Talg an das Glas abgiebt als nöthig ist, um Wirkung zu thun. (Fig. 12 Taf. II.)

Das Ganze stellt eine kleine Spritze vor, wie die zinnernen Ohrenspritzen. Ich schnitt einer solchen die Spitze gleich an der Wurzel ab (wo der Cylinder anfängt conisch zu werden); gewöhnlich befindet sich an dieser Stelle eine ringförmige Erhöhung, diese läfst man stehen. Ueber den abgeschnittenen Theil spannt man starke Leinwand aus, und bindet sie hinter dem oben erwähnten Ringe fest und schneidet den Ueberschufs ab. Der Cylinder wird nun mit Fett gefüllt und der Stempel hineingedrückt. Dadurch dringt etwas Fett durch die Leinwand, und beim Bestreichen der Glasränder kommt nur so viel Fett daran als nöthig ist. Dieses Instrument kann auch dienen, um das Herabfliefsen der Flüssigkeiten am äufseren Rande der Bechergläser u. s. w. zu verhüten.

Beim Gebrauche desselben hat man noch den Vortheil, dafs man sich durchaus nicht beschmutzt.

Die Anfertigung des Trockenapparats wurde von von Hrn. Luhme und Comp. in Berlin besorgt und nach Wunsch ausgeführt; auch das Instrumentchen zum Betalgen kann man dort kaufen [1]).

1) Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit auf die Hand-Luftpumpen aufmerksam zu machen, die der Mechanikus Kleiner hieselbst neuerlich in verschiedenen Gestalten (mit aufrechtem oder schief liegendem Stiefel, mit oder ohne Teller, je nachdem Röhren oder Glocken ausgepumpt werden sollen) sehr solid verfertigt hat. Ich, für meine Person, möchte eine solche Pumpe mit Teller dem in obenstehender Notiz beschriebenen Apparate vorziehen. *P.*

X. *Ueber die Polarisation der chemischen Strahlen des Lichts; von J. Sutherland.*

(Auszug aus dem *Phil. Mag. Jul.* 1841. — *Bibl. univ. T. XXXIV p.* 382.)

Schon Bérard hat i. J. 1812 angegeben, daſs die chemischen Strahlen durch Reflexion unter demselben Winkel von 35° 25′ polarisirt werden, wie die Lichtstrahlen selbst. Hr. S. hat die neueren Entdeckungen der photogenischen Papiere benutzt, um die Versuche von Bérard wieder aufzunehmen und zu erweitern. Er experimentirte mit directem Sonnenlicht, mit dem des rothen Endes vom Spectrum, und endlich mit bloſsem Tageslicht.

Er lieſs das Licht durch einen Kalkspath in eine dunkle Kammer treten, und fing die beiden Bilder mit einem acht Fuſs entfernten Schirme auf. Die Bilder hielten einen Zoll im Durchmesser und waren einen Zoll von einander entfernt. Beide machten einen starken Eindruck auf das photogenische Papier; das auſserordentliche jedoch, wie es schien, einen stärkeren [1]). In die Bahn des auſserordentlichen Bündels wurde eine Säule von sechs dünnen Glimmerblättchen gebracht, die gegen die Axe dieses Bündels um etwa 25° neigten. Er drehte den Apparat, bis die Brechungsebene der Glimmerblättchen mit der Polarisationsebene der Strahlen zusammenfiel; das Licht war alsdann fast ausgelöscht, und es entstand nun,

1) Ich habe Gelegenheit gehabt, ein von Hrn. Prof. Moser in Königsberg auf einer Daguerre'schen Platte dargestelltes Doppelbild einer Gypsbüste zu sehen, deren Strahlen durch ein Kalkspathprisma in die Camera obscura geleitet worden waren. Es zeigte sich kein Unterschied in den Bildern; beide waren gleich scharf und deutlich. P

selbst nach fünf Minuten, nicht der geringste Eindruck auf dem Papier. Nun wurden die beiden Ebenen winkelrecht gegeneinandergestellt; sogleich kam das Licht wieder zum Vorschein, und das Papier veränderte sich schon nach einer Minute; nach fünf Minuten war es vollkommen schwarz geworden. Dieser Versuch beweist, daſs die Polarisation der chemischen Strahlen vollständig mit den leuchtenden zusammenfiel.

Ersetzte er die Glimmersäule durch ein Kalkspathprisma, um die durch den ersten Kalkspath polarisirten Strahlen durchzulassen, so erhielt er ähnliche Resultate. Der in Bezug auf das Leuchten ausgelöschte Strahl brachte auch keine chemische Wirkung hervor. Jetzt stellte er in die Bahn des ausgelöschten Strahls ein dünnes Glimmer- oder Gypsblättchen. Sogleich erschienen wiederum die beiden Bilder mit ihrer Farbe, und, aufgefangen mit dem photogenischen Papier, gaben sie zwei recht deutliche Flecke. Das purpurrothe Bild wirkte stärker als das gelbe, das violette und grüne wirkten gleich stark. Er lieſs auch das farbige Ringsystem mit weiſsem Kreuz auf photogenisches Papier fallen, und bekam auf demselben ein Gegenbild, d. h. das Papier wurde schwarz, wo es vom Lichte getroffen ward, und blieb weiſs, wo es nicht der Fall war.

Dieselben Versuche wurden mit den violetten Strahlen des Spectrums angestellt, auch mit dem kaum sichtbaren vom violetten Ende desselben. Die Resultate waren denen mit Sonnenlicht erhaltenen gleich. Die chemische Wirkung der nicht ausgelöschten violetten Strahlen war ungemein deutlich, obwohl die Bilder wenig sichtbar waren.

Sonnenlicht, durch Reflexion polarisirt, zeigte genau dieselben Erscheinungen, so daſs die leuchtenden und die chemischen Strahlen sich auch in dieser Beziehung gleich verhalten.

Die bloſse Refraction, mehrmals wiederholt, polari-

sirt ebenfalls die chemischen Strahlen. Hr. S. experimentirte hier mit Tageslicht; allein um sich jedoch von den Veränderungen in der Intensität dieses Lichts unabhängig zu machen, setzte er zwei Apparate zusammen, die nur in so weit von einander abwichen, dafs die Polarisationsebenen in dem einen parallel, in dem andern winkelrecht waren. Diese beiden Apparate wurden zugleich und auf gleiche Weise gebraucht, und die Bilder mit zwei aus Einem Stück geschnittenen Streifen des empfindlichen Papiers aufgefangen. Der Unterschied in der Stärke beider Eindrücke war dann nach Ablauf des Versuchs leicht wahrzunehmen.

Aus Obigem folgt, dafs die chemischen Strahlen des Lichts genau denselben Polarisationsgesetzen folgen, wie die wärmenden und leuchtenden, — ein Resultat, das für das Studium der Natur dieser Strahlen von Wichtigkeit ist.

Das von dem Verf. gebrauchte Papier war das gewöhnliche mit Chlorsilber bereitete; er hält indefs die nach Hrn. Daguerre's Verfahren zubereiteten Metallplatten für weit vorzüglicher hiezu.

XI. *Vorläufige Nachricht über ein Lager fossiler mikroskopischer Organismen in Berlin; von C. G. Ehrenberg.*

(Aus den Monatsberichten der Acadmie. Juli 1841.)

Nachdem im Jahre 1836 der Academie Nachricht von grofsen fossilen Massen unsichtbar kleiner Infusorien-Schalen als geognostischen Lagern gegeben worden war, war es zur ersten physiologischen Erläuterung der Bildungsweise derselben 1837 gelungen, im Thiergarten Berlins selbst eine aus solchen lebenden Infusorien, zum

Theil sogar aus denselben Arten, sich noch fortwährend bildende oberflächliche Dammerde zu beobachten.

Seitdem haben sich die Beobachtungen fossiler Lager unsichtbar kleiner Organismen in vielen Ländern Europa's und in Afrika, Asien und Amerika in ganz ähnlichen Verhältnissen erkennen lassen, und sie sind aus oberflächlichen Erscheinungen zu tief in das Erd-Feste eingreifenden Bildungsmomenten geworden.

Die Schalen dieser kleinen Organismen waren theils rein kalkerdige, theils rein kieselerdige Formen.

Im direct zu erkennenden gröfsten Maafsstabe hatte sich ihr Einflufs als Meeresbildungen in den Gebirgsmassen der Kreide ergeben, und in den sicilianischen Kreide- und Mergel-Lagern waren beide Formenreihen im offen liegenden klarsten Wechselverhältnifs als mächtige Felsmassen beobachtet. Die Spuren ähnlicher Verhältnisse hatten sich unter Mitwirkung des Hrn. Prof. Zeuschner bis in den Oolith-Kalk von Krakau und unter Mitwirkung des Hrn. v. Helmersen sogar bis in den Bergkalk Rufslands verfolgen lassen.

Alle bisher erkannte Süfswasserbildungen hatten nur kieselschalige, keine kalkschaligen kleinsten Organismen dargeboten, und alle unter der Oberfläche gefundenen fossilen Lager waren todte Reste und Anzeigen ehemaliger lebender Oberflächen-Verhältnisse, die von der Oberfläche (der Atmosphäre) verdrängt, abgestorben, oder nach dem gesetzmäfsigen Absterben von anderen Generationen und Bildungen überwuchert waren.

Die neuesten, der Academie vorgetragenen Resultate dieser Untersuchungen hatten die Aufmerksamkeit von den im Berliner Thiergarten erkannten localeren und beschränkteren, jetzt immerfort thätigen Verhältnissen stagnirender Gräben, Teiche und Seen einerseits auf das Meerwasser gelenkt, dessen periodische lebendige Erfüllung mit solchen Organismen erkannt wurde, die ehemals der Kreidebildung wirklich gedient haben,

und andererseits auf das ganze Humus-Land der Flufsgebiete, dessen Reichthum an organischen Formen sowohl im Kulturboden des Nil-Landes, als im Hafenschlamme der deutschen Küste an der Ost- und Nordsee, und auch im Humus-Boden vieler sehr verschiedener ferner Erdgegenden zu klarer Anschauung geworden war.

Bei dieser fortschreitenden Entwicklung der Erscheinung eines grofsen Einwirkens des kleinsten Lebens auf die feste Masse der bekannten Erdrinde in allen Zonen und allen dem Organischen überhaupt zugänglichen Tiefen, ist es von einem besonderen Interesse und besonderer wissenschaftlicher Wichtigkeit, dafs gerade wieder in Berlin sich ein der intensivesten Untersuchung zugängliches Verhalten solcher unsichtbar kleiner Organismen vor Augen gelegt hat, welches einen neuen Gesichtskreis zu eröffnen scheint, der auf den ferneren Ideengang bei diesen Untersuchungen und auf manche Entwicklungs-Vorstellungen wohl von wesentlichem Einflufs werden kann.

Bei der, mit dem Wunsche, die Veröffentlichung noch einige Zeit zu verschieben, der Academie zur Kenntnifs gebrachten auffallenden Erscheinung, dafs sich bei dem Grundlegen zu einem Hintergebäude in der Luisenstrafse, 15 Fufs unter der Oberfläche, ein 5 Fufs mächtiges, meist aus kieselschaligen Infusorien gebildetes Lager, oft noch lebendiger Thierchen gefunden habe, hat bis jetzt die weitere Nachforschung zu folgenden Resultaten geführt, welche schon hinreichend erscheinen, die Verhältnisse selbst als mehrfach interessant und wichtig zu bezeichnen.

1) Nicht blofs unter einem einzelnen Hause der Luisenstrafse nahe der Marschallsbrücke, sondern auch unter einem Hause derselben Strafse nahe der Carlsstrafse und in der gegenüberstehenden Häuserreihe wurde, beim Einsenken bis auf guten Baugrund, in 12 bis 15 Fufs

Tiefe ein 5 Fuſs mächtiges sogenanntes Torflager aufgefunden, welches vom Lichte der Atmosphäre völlig abgeschlossen zu $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ seiner Masse aus kieselschaligen Infusorien besteht, von denen ein sehr groſser Theil offenbar noch lebend und fortpflanzungsfähig ist.

Dieselben Thierchen in einem, wie es scheint, gleich mächtigen Lager und in sehr ähnlicher Tiefe, auch in demselben oft noch lebenden Zustande haben sich bei der Untersuchung des Grundes auf der Insel hinter dem Neuen Museum gefunden. In diesen beiden von einander sehr entfernten Punkten liegt das Infusorien-Lager 4 bis 8 Fuſs tiefer als der Boden der Spree.

Eine dritte, der directen Untersuchung bereits zugänglich gewesene Localität derselben Thierchen ist in der Kochstraſse, jedoch ist daselbst die Mächtigkeit noch nicht ermittelt.

Auſser diesen drei, ein groſses Areal umfassenden, der directen Untersuchung zugänglich gewesenen Punkten Berlins findet sich, den Aussagen der Baumeister und Brunnenmacher nach, dieselbe thonige Torfmasse unter den Häusern nahe der Friedrichsbrücke in der neuen Friedrichsstraſse; ebenso zwischen der Kochstraſse und dem Halleschen Thor, ferner in der Carlsstraſse zwischen der Panke und der Friedrichsstraſse, und auch unter dem Boden, worauf die neue Charité gebaut worden ist. Ja es sollen noch viele andere Gegenden der Stadt in dieser Bodenbildung übereinstimmen, *so daſs dieses Lager fossiler Infusorien unter allen bisher im Detail bekannten das ausgedehnteste der Süſswasserbildung ist.*

2) Ganz besonders ausgezeichnet ist diese Ablagerung von Infusorien durch die ungleiche Mächtigkeit des Lagers und durch die Einsicht, welche es in die Grundbildung des Bodens in Berlin gewährt, deren weitere Erforschung durch Veröffentlichung des Verhältnisses am meisten gefördert werden dürfte.

Den bisherigen Nachforschungen bei kundigen Tech-

nikern zufolge ist die ganz gleichartige, oberhalb torfige, unterhalb thonige oder moorartige Masse in vier verschiedenen Gegenden der Stadt an beschränkteren Stellen so tief, dafs es bisher gar nicht möglich gewesen ist, bis auf einen Baugrund hinabzureichen. So soll am Unterbaum auf einer als Holzplatz benutzten Stelle, zufolge der Mittheilung eines bei der Untersuchung beschäftigt gewesenen Brunnenmachers, bei 70 Fufs Tiefe noch kein fester Boden erreicht worden seyn. In der Carlsstrafse, nahe der Panke, soll sich die Tiefe des schwammigen torfartigen Lagers auf nahe an 100 Fufs berechnen lassen. Eben so soll die Gegend des Teiches im Ranslebenschen Garten in der Kochstrafse bis zu grofser Tiefe moorartig seyn, und ein Theil der Friedrichsstrafse, in der Nähe der Kochstrafse, sich in gleicher Art verhalten. Dabei ist eine trichterartige Form solcher Stellen meist sehr deutlich bezeichnet worden.

Aehnliche sehr tiefe und noch tiefere, keinen Baugrund gebende Stellen sind in Potsdam mitten in der Stadt angezeigt, und auch dort wird die daselbst befindliche Masse so beschrieben, dafs sie dem Berliner Infusorien-Lager ganz gleich erscheint.

Hienach wäre denn das Berliner Infusorienlager die mächtigste aller bisher bekannt gewordenen Süfswasserbildungen dieser Art, und das bisher sich durch seine Mächtigkeit von 28 Fufs auszeichnende Lager in der Lüneburger Haide wäre nur etwa $\frac{1}{3}$ so stark.

Zur weiteren Untersuchung und Begründung dieses merkwürdigen Verhältnisses bedarf es einiger Bohrversuche in der Mitte der angezeigten Gegenden, die vielleicht im localen bürgerlichen Interesse so sehr als im Interesse der Wissenschaft sind.

3) Es ist hervorzuheben, dafs wenn wirklich die trichterförmigen, mit Infusorienmassen erfüllten Einsenkungen im Spree- und Havel-Thale sich bis zur Nähe

von 100 Fufs Tiefe verfolgen lassen, diese Tiefe dem Niveau der Ostsee gleich ist.

4) Das Interesse an dem in Berlin selbst vorkommenden mächtigen Infusorienlager wird noch dadurch sehr erhöht, dafs dasselbe nicht ein abgestorbenes ist, sondern vielmehr sich in einem Zustande befindet, welcher die Fortpflanzungsfähigkeit grofser Massen der Individuen anzeigt. Viele der kleineren Schalen sind zerbrochen, viele andere aber sind unversehrt, und haben im Innern ganz denselben Bau, wie die an der Oberfläche bei Berlin kräftig lebenden Thierchen. Sie sind erfüllt mit frisch und lebhaft grünen geordneten Kügelchen, d. i. mit von grünen Eierchen erfüllten Zellen. Nur der Zahl solcher Zellen nach stehen sie gegen die an der Oberfläche lebenden zurück. Die meisten der massebildenden Thierchen gehören zu den unter allen Umständen bewegungslosen Gallionellen, den Austern und Schildläusen der Bäume gleich. Einigemal sah der Verfasser spontane Bewegung bei kleineren Naviculis; allein eine so starke Ortsveränderung, wie die Naviculae sonst haben, fehlt den meisten. Dennoch glaubt der Verfasser es durchaus und bestimmt aussprechen zu dürfen und zu müssen, dafs die vorhandenen Organisationsverhältnisse nicht erlauben, die Massen für leblos zu erklären, so wenig auch dem Ungeübteren in solchen Beobachtungen das Leben derselben einleuchten möchte.

So findet denn also Leben, grüne Färbung und Fortpflanzung der kleinsten Organismen in lichtlosen fossilen Lagern statt, bei denen das Wasser allein die Atmosphäre zu vermitteln scheint.

5) Zu den sehr auffallenden Eigenthümlichkeiten des Berliner Infusorienlagers gehört auch die Sonderbarkeit, dafs die Hauptmasse der Formen sonst bisher noch gar nicht bei Berlin lebend beobachtet worden ist, dafs abe dieselben Species das mit Braunkohle und Sandstein ab-

wechselnde Lager von Infusorien-Mehl bei Kliecken bilden. Besonders auffallend sind viele beigemischte, sehr zackige und strahlige Kiesel-Nadeln, wie sie bei Seeschwämmen häufig vorkommen, nie aber bei Flufsschwämmen, und nie lebend bei Berlin gefunden sind.

6) Eine Untersuchung der Absätze des Berliner Gesundbrunnens, dessen Quelle eine sehr beständige Temperatur zeigt, mithin nicht ganz oberflächlichen Ursprungs seyn kann, zeigte die gewöhnlichen, meist eisenhaltigen Formen der Umgegend Berlins, nicht die gesuchten der unterirdischen Lager.

7) Die Anwendung des Schlammes in der Luisenstrafse zu Schlammbädern gehört dem Lager der Infusorien an, und hat seines Gleichen bei Loka in Schweden.

XII. *Nachträgliches in Betreff des angeblichen Meteorsteinregens von Iwan.*

»Auf Ansuchen der Direction der vereinigten K. K. Hof-Naturalienkabinette hat der Besitzer der Herrschaft Iwan in Ungarn, der K. K. Kämmerer Hr. Paul Graf Széchényi, den Auftrag an seinen Wirthschaftsverwalter in Iwan ergehen lassen, alldort, und zwar in einer Gegend, wo am 10. Aug. d. J. der viel besprochene Bohnerzregen stattgefunden haben soll, eine Erdscholle von einem Kubikfufs ausstechen und wohl verpackt an ihn hieher nach Wien zu senden. Eine solche, aus einem dreijährigen Kleeacker ausgehobene, und einen ungemein zähen und harten Thonboden repräsentirende Erdscholle kam in vollkommen zusammenhängendem Zustande hier an, und wurde von dem Grafen gefälligst an das K. K. Hof-Mineralienkabinett zur näheren Untersuchung abgegeben. Folgendes sind in Kurzem die

Resultate derselben. Nachdem die mit Kleewurzeln durchzogene Scholle in der Mitte mittelst angebrachter Keile in der Richtung von oben nach unten, parallel den Hauptwurzeln, entzwei geschlagen worden war, zeigte sich an den Bruchflächen beider Hälften eine nicht unbedeutende Anzahl von gröfseren und kleineren schwarzen Kügelchen von Raseneisenstein (Sumpf- oder Wiesenerz) in der Form von Bohnerz, und diese durch die ganze Masse sowohl nach oben als nach unten gleichförmig vertheilt. Die kleinere Hälfte der Scholle wurde alsdann der Schlemmung unterworfen. Nach vielmaligem Abgiefsen des schlämmigen Wassers, Absandung der Wurzeln, der gröfseren Quarzgeschiebe, einiger Fragmente von Thongeschirren u. s. w., erhielt man als Rückstand ungefähr ein Viertel oder Fünftel des zum Schlemmen verwendeten Volums, das vorherrschend aus gelblichem Quarzsand bestand, mit wenigen kleinen Quarzgeschieben, aber einer bedeutenden Menge von schwarzen und braunen, gröfseren und kleineren, meist aber sehr kleinen Körnern des oben erwähnten bohnförmigen Raseneisensteins.«

»Es ist einleuchtend, dafs diese Körner schon lange, daher auch vor dem 10. Aug. d. J., in der Scholle des dreijährigen Kleefeldes enthalten waren, darin schon manchen Winter zubrachten, ohne, wie behauptet worden ist, beim Aufthauen zu zerfallen und durch Verwitterung gänzlich zu verschwinden. Selbst der Bekanntmacher dieses angeblichen Meteorsteinregens wird diefs nicht läugnen können, da er in seinem Berichte in der Beilage zu No. 293 der Allg. Zeitung vom 20. Oct. d. J. anführt, die Gewalt des Sturzes hätte die Steine nicht tiefer als einen halben Zoll in feuchten Lehm getrieben, in der fraglichen Erdscholle dieselben aber noch in einer Tiefe von zwölf Zoll angetroffen werden.« — (Aus der Allgemeinen Zeitung.)

XIII. *Neue Messungen über das Steigen der schwedischen Küste.*

Hr. A. Almlöf hat im Sommer 1839 die an der schwedischen Küste zwischen Haparanda und Söderköping in früherer Zeit im Niveau des Meeres gemachten Zeichen untersucht, und für deren Höhe über dem Meere im genannten Sommer folgende Werthe erhalten:

Ort.	Alter der Zeichen im J. 1839.	Meereshöhe derselben i. J. 1839. Decim. Fufs	Jährliches Steigen. Decim. Zoll.
Ledskär	44	1,16	0,264
Ulfön, Bockharet	17	0,69	0,465
Södra Korfgrund	18	0,85	0,472
Åssiasund	19	0,50	0,263
Löfgrundet, Svarthällan	108	3,12	0,289
Gräsö	19	1,00	0,526
Svartklubben	19	0,60	
Landsort, Oesterhamnen	39	1,10	0,282
Landsort, Westerhamnen	39	1,20	0,308

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1839. — Ein schwedischer Decimal-Fufs ist =0,913993 Par. Fufs, und hält 10 Decimal-Zoll. *P.*)

XIV. *Physikalisches, auf Dünen beobachtet.*

In einem, unter dem Titel: »Geognostische Studien am Meeres-Ufer,« in v. Leonhard und Bronn's Neuem Jahrbuch etc. 1841, veröffentlichten Aufsatz führt Hr. Prof. Forchhammer folgende auf den Dünen der West-

küste Jütlands gemachte Erfahrung an, welche wir, ihres meteorologischen Interesses wegen, hier mittheilen.

»Unbeschreiblich öde ist der Anblick einer solchen Dünen-Gegend; überall ist man von Sand umgeben, welchen der geringste Wind in Bewegung setzt, und selten sieht man ein lebendiges Wesen in dieser Einöde. Auf der Höhe der Düne verzehrt hin und wieder der Austernfresser (*Haematopus ostralegus*) seine Beute; ein Hase an einzelnen Orten, ein Kaninchen, sind die einzigen gröfseren Thiere, die man sieht, und der langsame regelmäfsige Schlag der Wellen am Ufer der einzige Ton, der das Ohr trifft. Meilenweit kann man in den Dünen gehen, ohne dafs die Scene sich im geringsten änderte, und ohne dafs man auch nur eine andere Pflanze sähe, als den Strandhafer (*Elymus arenarius*) und einige Scirpus- und Juncus-Arten in den wasserreichen Dünenthälern. Steigt man auf die Dünen, so wechselt die Scene und das Meer breitet sich mit seinen Wogenzügen, die gegen das Ufer als weifse Brandungen hinziehen, vor dem Auge aus. Aber auch das Meer ist wenig belebt, und nur selten sieht man Schiffe; denn sie fliehen diese Küste, die auf ihrer ganzen Längen-Erstrekkung kaum einen einzigen Hafen hat, wo sie Schutz suchen könnten.

Ganz anders zeigt sich die Scene, wenn das Meer vom Sturm bewegt wird. Kaum ist man im Stande sich auf der Düne stehend zu erhalten, es sey denn, dafs sie hart am Ufer liege und senkrecht gegen das Meer abgeschnitten sey. Dann fühlt man den Wind gar nicht oder nur sehr wenig, eine Erfahrung, die an unseren Küsten ganz allgemein ist, und bei den senkrechten, bis 200 Fufs hohen Abschüssen des Ufers sich überall wiederholt, ja auf den *Färöern* bei 2000 Fufs hohen Abstürzen sich eben so zeigt. Das Vieh sucht daher im Sturm immer den Rand des Kliffs und stürzt nicht selten hinab. Diese Erscheinung rührt daher, dafs der Wind, indem

er gegen die senkrechte Mauer anprellt, einen senkrecht aufwärts gehenden Luftstrom veranlafst, der sich noch etwas höher als das Kliff fortsetzt, und so den Beobachter durch eine Luftmauer gegen den Sturm schützt.

Der Sturm setzt den Sand der Düne in Bewegung, und kaum vermag man längere Zeit den Schmerz auszuhalten, welchen der gegen Gesicht und Hände gepeitschte Sand verursacht. Nach allen Seiten ist man von mächtigen Sandwolken umgeben, und das Meer bildet längs der ganzen Küste, so weit das Auge reicht, eine Reihe von Wasserfällen, wo die Welle, indem sie sich an einer der drei Sandbänke, die sich längs der Jütschen Küste hinziehen, bricht, in einer Höhe von fünfzehn bis sechszehn Fuſs überstürzt und sich in Schaum auflöst, ein Schauspiel darbietet, dem an Groſsartigkeit schwerlich irgend ein Wasserfall der Welt gleichgestellt werden kann. Schneeweiſse Schaumbälle ziehen wie Mövenschwärme über die Dünen hin bis weit in's Land hinein, und der Beobachter fühlt bald Gesicht, Hände und Kleider mit Salz überzogen.

Ehe der Sturm heranzieht, während die Luft noch ruhig ist, hört man den Schlag der Wogen in einer Entfernung von vier deutschen Meilen von der Küste; daher weiſs man viele Stunden vorher, daſs ein Sturm kommen werde.

XV. *Geschichtliche Untersuchung über die vom Anfange des vierten bis zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts von den Historikern erwähnten Erdbeben; von Hrn. A. Perrey in Dijon.*

Die *Compt. rend.* vom 2. Nov. d. J. (*T. XIII p.* 899) geben von dieser, der Pariser Academie übersandten, sehr

detaillirten Abhandlung einen Auszug, aus welchem wir folgende Tafel herausheben:

Verzeichnifs der von 306 bis 1800 aufgeführten Erdbeben in Europa und Syrien.

	Mit Angabe des Tags und Monats.												Bloſs die Jahreszeit.			Summe im
Jahrhunderte.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Herbst und Winter.	Frühling und Sommer.	Bloſs mit Angabe des Jahrs.	Jahrhundert.
IV.							1	1		1		2	3	1	12	21
V.	1		1	4		2	1		3		2		2		11	27
VI.		1		2	2	1	2	2	2	3	2	2	1		10	30
VII.				1		1		2							5	9
VIII.	2	2	1	1	1					1			1		4	13
IX.	5	2		1		2		2	2	2		5	4	3	12	40
X.			1	1					1	2	1	1	1		6	14
XI.	1	3	5	1	2	1	2	3	3	4	4	4	2	1	12	48
XII.	10	3	2	3	3	4		4	3	1	1	7	2		28	71
XIII.	3	2	3	2	3	2			3		2	6	1		14	41
XIV.	4	2	3	1	2	4	3	2	4	3	4	3	1	2	7	45
XV.		1	1		2	2	2	2		2	2	6		1	16	37
XVI.	11	5	5	7	9	8	2	4	9	3	5	13	3	1	24	109
XVII.	19	14	17	12	6	10	12	4	13	3	12	16		1	37	176
XVIII.	30	25	27	20	16	23	22	17	15	28	26	27	2	3	25	306
	86	60	66	56	46	60	47	43	58	53	61	92	23	13	223	987
	Winter: 212			Frühl.: 162			Somm.: 148			Herbst: 206						

(Im Allgemeinen kommen die Verhältnisse dieser Zahlen mit denen überein, welche der verstorbene v. **Hoff** für den zehnjährigen Zeitraum von 1821 bis 1830 gefunden hat. S. Ann. Bd. XXXIV S. 104. *P.*)

XVI. *Mittlere Temperatur von Algier nach vierjährigen Beobachtungen des Hrn. Aimé.*

(Mitgetheilt von Hrn. A. v. Humboldt.)

Die nachstehenden Resultate sind die Mittelwerthe aus den vom April 1838 bis October 1841 täglich beobachteten Maximis und Minimis. Die Berechnung geschah durch Hrn. Laugier. Des Vergleiches halber wurden, nach Hrn. Mahlmann's Angabe, die Mittel für Palermo (welches 1° $\frac{1}{3}$ nördlicher als Algier liegt) aus 39jährigen Beobachtungen hinzugefügt.

	1838.	1839.	1840.	1841.	Mittel.	Palermo.
Jan.		11°,60	11°,85	11°,49	11°,65	10°,8
Febr.		11 ,91	12 ,73	13 ,41	12 ,68	10 ,7
März		14 ,19	11 ,22 [1])	14 ,59	13 ,33	12 ,2
April	14°,45	16 ,06	14 ,55	15 ,01	15 ,02	14 ,7
Mai	18 ,83	18 ,04	19 ,33	20 ,07	19 ,07	18 ,2
Juni	22 ,27	23 ,14	22 ,16	20 ,26	21 ,95	21 ,7
Juli	24 ,00	24 ,30	23 ,51	24 ,32	24 ,03	24 ,3
Aug.	23 ,71	24 ,18	26 ,43	24 ,53	24 ,71	24 ,6
Sept.	23 ,02	22 ,01	22 ,82	23 ,61	22 ,87	22 ,6
Oct.	20 ,42	19 ,36	20 ,13	21 ,17	20 ,27	19 ,4
Nov.	18 ,50	14 ,85	16 ,50		16 ,62	15 ,2
Dec.	11 ,46	13 ,86	13 ,26		12 ,86	12 ,6
	Mitteltemperatur des Jahres				17°,84	17°,2

Mittlere Temperaturen der Jahreszeiten.

Dec.	12°,86	März	13°,33	Juni	21°,95	Sept.	22°,87
Jan.	11 ,65	April	15 ,02	Juli	24 ,03	Oct.	20 ,27
Febr.	12 ,68	Mai	19 ,07	Aug.	24 ,71	Nov.	16 ,62
Winter	12°,40	Frühl.	15°,47	Somm.	23°,56	Herbst	19°,92.

(Alles in hunderttheiligen Graden.)

1) Kein Fehler!

1841. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LIV.

I. *Die Gesetze der Doppelbrechung des Lichts in comprimirten oder ungleichförmig erwärmten unkrystallinischen Körpern;*

von K. E. Neumann.

(Ein dem Novemberberichte der Academie entnommener Auszug von der Abhandlung.)

Die vorliegende Abhandlung zerfällt in drei Abschnitte. In dem ersten Abschnitt (§. 1 bis §. 5) beschäftige ich mich mit dem Gesetz der Doppelbrechung des Lichts in *gleichförmig* dilatirten oder comprimirten unkrystallinischen Körpern. Gleichförmig nenne ich die Dilatation (oder Contraction) eines Körpers, wenn dieselbe an jeder Stelle desselben sowohl in Beziehung auf Richtung als Gröfse gleich ist, wiewohl sie in den verschiedenen Richtungen verschieden ist. Wenn ein rechtwinkliches Parallelepipedon, welches mit einer seiner Seitenebenen auf einer festen ebenen Unterlage ruht, durch einen gleichmäfsig, über die gegenüberstehende Seitenebene vertheilten, senkrecht gegen dieselbe gerichteten Druck comprimirt wird, so ist dieser Körper gleichförmig comprimirt; er ist diefs auch noch, wenn ein zweiter und ein dritter Druck auf die zwei andern Flächenpaare eben so wirkt, wie der erste Druck auf das erste Flächenpaar. Die Werthe dieser drei Druckkräfte können in einem beliebigen Verhältnifs stehen; in demselben Verhältnifs stehen die Werthe der linearen Contraction in den drei Kanten des Parallelepipedons. Ich nenne a, b, c diese drei Kanten vor dem Druck, während des Drucks bezeichne ich sie durch $a(1-\alpha)$, $b(1-\beta)$, $c(1-\gamma)$; die drei Grö-

ſsen α, β, γ heiſsen die linearen Dilatationen respective der Kanten a, b, c.

Mittelst dieser drei Gröſsen kann man die lineare Dilatation einer jeden andern Richtung in dem Körper bestimmen. Es bilden eine begränzte Linie von der Länge ϱ in dem Körper vor dem Druck mit den drei Kanten a, b, c die Winkel m, n, p, und während des Drucks verwandle sich ihre Länge in $\varrho\left(1-\frac{\Delta\varrho}{\varrho}\right)$, wo also $\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ die lineare Dilatation von ϱ ist, dann ist:

$$\left(1-\frac{\Delta\varrho}{\varrho}\right)^2=(1-\alpha)^2\cos^2 m+(1-\beta)^2\cos^2 n+(1-\gamma)^2\cos^2 p \quad . (1)$$

Betrachtet man diese Gleichung als die Gleichung einer Oberfläche, deren Radiusvector $1-\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ mit den Coordinaten-Axen a, b, c die Winkel m, n, p bildet, so ist sie, nach Fresnel's Benennung, eine *Elasticitätsfläche.* Ich nenne sie die *Elasticitätsfläche des Drucks;* ihre Axen sind: $1-\alpha$, $1-\beta$, $1-\gamma$, ich nenne sie die *Hauptdruckaxen.* Die Werthe von α, β, γ sind überall innerhalb der Gränze der Elasticität so klein, daſs ihre Quadrate und höheren Potenzen gegen die erste vernachlässigt werden können. — In jedem gleichförmig dilatirten Körper giebt es immer, welches auch die Ursache der Verrückung seiner Theilchen sey, drei auf einander rechtwinklich stehende Hauptdruckaxen, welche die Eigenschaft haben, daſs das ganze System der Dilatationen symmetrisch ist in Beziehung auf Ebenen, welche durch dieselben gelegt sind, und daſs, durch die Dilatationen in den Hauptdruckaxen, die Dilatation in jeder andern Richtung, deren Neigung gegen sie gegeben ist, mittelst der Gleichung (1) bestimmt wird. In jedem *ungleichförmig dilatirten* Körper lassen sich durch jeden seiner Punkte drei rechtwinkliche Hauptdruckaxen legen, die sich aber nur auf diejenigen Theile des Körpers beziehen, von welchen dieser Punkt unmittelbar umgeben ist; sie

variiren in Richtung und Gröfse von einer Stelle des Körpers zur andern.

Die doppelte Strahlenbrechung, welche ein gleichförmig dilatirter unkrystallinischer Körper besitzt, kann ihren Grund haben entweder in einer veränderten Anordnung der Theilchen des schwingenden Luftäthers oder in einer veränderten Einwirkung der festen Theile des Körpers auf dieselben, oder in der gleichzeitigen Wirkung dieser beiden Ursachen. Ich weise nach, dafs der vorzüglichste Theil der Doppelbrechung des Lichts durch eine veränderte Anordnung der Aethertheile hervorgebracht wird, und dafs, wenn eine Veränderung der Einwirkung der festen Theile des Körpers auf die Bewegung der Aethertheile auch stattfindet, diese nur von der Ordnung der Veränderung der Dispersion des Lichts, welche durch die Dilatation hervorgebracht ist, seyn kann. Die neue Anordnung der Lichtäther-Theile, wie sie auch sonst beschaffen ist, mufs dieselbe Symmetrie als die der festen Theile des Körpers besitzen. Hieraus wird geschlossen, dafs die Doppelbrechung des gleichförmig dilatirten unkrystallinischen Körpers dieselben Gesetze befolgen mufs, welche Fresnel für die Doppelbrechung in krystallinischen Medien entdeckt hat. Der einfachste Ausdruck für diese Gesetze ist in ihrer geometrischen Construction mittelst der Elasticitätsfläche enthalten, welche ich die *optische Elasticitätsfläche* nenne. Die Axen der optischen Elasticitätsfläche und der Elasticitätsfläche des Drucks müssen in dem dilatirten Körper dieselben Richtungen haben, und die ersteren müssen Functionen der letzteren seyn. Ich weise nach, dafs, wenn mit A, B, C die drei optischen Elasticitätsaxen bezeichnet werden, und mit α, β, γ die Dilatationen in den drei Hauptdruckaxen, welche parallel respective mit A, B, C sind, die Relationen zwischen diesen Gröfsen folgende Form haben müssen:

$$A = G' + q\alpha + p\beta + p\gamma$$
$$B = G' + p\alpha + q\beta + p\gamma \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$
$$C = G' + p\alpha + p\beta + q\gamma$$

worin p und q zwei von der Natur des dilatirten Mediums abhängige Constanten sind, und G' entweder gleich ist der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in diesem Medium in seinem natürlichen Zustande, oder von dieser doch nur um eine kleine Gröfse verschieden ist, welche von den Quadraten und höheren Potenzen von α, β, γ abhängt. Aus diesen Relationen zwischen den Axen der beiden Elasticitätsflächen ergeben sich einige merkwürdige geometrische Folgerungen, welche eine physikalische Bedeutung haben. Beide Flächen haben die Kreisschnitte gemeinschaftlich; in beiden Flächen haben in demselben Schnitt die gröfsten und kleinsten Radii-vectoren dieselben Richtungen, so aber, dafs der gröfste Radius der einen Fläche die Richtung des kleinsten der andern hat; die Unterschiede des gröfsten und kleinsten Radiusvector haben in jedem gemeinschaftlichen Schnitt in beiden Oberflächen ein constantes Verhältnifs. Aus diesen Sätzen folgt, dafs wenn eine ebene Lichtwelle durch einen gleichförmig dilatirten Körper geht, diese polarisirt ist entweder parallel mit der gröfsten oder der kleinsten Dilatation aller der Richtungen, die mit ihr parallel sind. Je nachdem die Welle nach der einen oder der andern dieser beiden Richtungen polarisirt ist, pflanzt sie sich mit einer andern Geschwindigkeit fort; der Unterschied dieser beiden Geschwindigkeiten ist proportional mit dem Unterschied der gröfsten und kleinsten der mit ihrer Ebene parallelen Dilatationen des Körpers.

In der Abhandlung werden die numerischen Werthe von p und q für gewöhnliches Spiegelglas bestimmt. Es werden dazu zwei Verfahrungsarten angewandt, die einander ergänzen. Das erste Verfahren besteht in der Beobachtung der Lage der Farben-Curven, welche ein gekrümmter Glasstreifen im polarisirten Lichte zeigt. Diese

Beobachtung giebt den Werth für die Differenz $\frac{p-q}{G}$, wo G die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts im Glase in seinem natürlichen Zustande bezeichnet. Ich fand:

$$\frac{p-q}{G^2}=0{,}126 \qquad G=0{,}654;$$

wobei die Geschwindigkeit des Lichts in atmosphärischer Luft als Einheit genommen ist.

Das zweite Verfahren besteht in der Beobachtung eines teleskopischen Diffractions-Bildes, welches durch zwei gleiche Oeffnungen in dem Schirme vor dem Fernrohre hervorgebracht ist. Wird vor diese Oeffnungen ein gekrümmter Glasstreifen gestellt, so verdoppelt sich das Bild; es entstehen zwei Bilder; das eine ist parallel mit dem Streifen, das andere senkrecht darauf polarisirt, beide erleiden eine Verrückung nach derselben Richtung in Beziehung auf das ursprüngliche Bild, das Verhältnifs dieser Verrückungen ist unabhängig von der Gröfse der Krümmung, und hängt allein, durch eine einfache Relation, von den Werthen von $\frac{p}{G}$ und $\frac{q}{G}$ ab. Ich fand dieses Verhältnifs gleich. Hieraus und aus dem schon gefundenen Werthe von $\frac{p-q}{G^2}$ ergab sich:

$$\frac{p}{G}=-0{,}131 \qquad \frac{q}{G}=-0{,}213$$

Das Resultat dieser experimentellen Bestimmung ist nun diefs. Wenn in einem gleichförmig dilatirten Glaskörper in den Hauptdruckaxen a, b, c die Dilatationen α, β, γ stattfinden, so haben die Axen der optischen Elasticitätsfläche A, B, C respective parallel mit a, b, c folgende Werthe:

$$A=G'\{1-0{,}213\,\alpha-0{,}131\,\beta-0{,}131\,\gamma\}$$
$$B=G'\{1-0{,}131\,\alpha-0{,}213\,\beta-0{,}131\,\gamma\}$$
$$C=G'\{1-0{,}131\,\alpha-0{,}131\,\beta-0{,}213\,\gamma\}$$

worin α, β, γ positive Gröfsen sind, wenn sie wirkliche Dilatationen bezeichnen, negative aber, wenn sie Contractionen bedeuten. Wenn ein rechtwinkliches Glas-Parallelepipedon z. B. durch einen auf zwei gegenüberstehende Seitenebenen ausgeübten Druck gleichförmig, und zwar um die Gröfse γ', comprimirt wird, so ist in den vorstehenden Ausdrücken zu setzen: $\gamma = -\gamma'$, $\beta = \alpha = \frac{1}{4}\gamma'$, woraus sich ergiebt:

$$A = B = G' \{1 + 0{,}045\gamma'\}$$
$$C = G' \{1 + 0{,}148\gamma'\}$$

Dieser Körper verhält sich also wie ein Kalkspathkrystall, indem in ihm der gewöhnliche Strahl die langsamere Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt.

Sehr merkwürdig ist das Resultat, welches man aus den allgemeinen Werthen für A, B, C erhält, wenn darin $\alpha = \beta = \gamma$ gesetzt wird, d. h. wenn man dieselben auf einen Glaskörper anwendet, welcher nach allen Richtungen hin gleich stark dilatirt ist. In diesem Falle erhält man:

$$A = B = C = G' \{1 - 0{,}475\,\alpha\}$$

also eine Verminderung der Lichtgeschwindigkeit, obgleich die Dichtigkeit des Körpers in dem Verhältnifs von 1 zu $1 - 3\alpha$ geringer geworden ist. Hiernach war es wahrscheinlich, dafs auch eine gleichförmige Temperaturerhöhung des Glases die Geschwindigkeit des Lichts in ihm vermindern müsse. Ich habe bei directen Refractionsbeobachtungen in gewöhnlicher und in erhöhter Temperatur wirklich eine solche Verminderung gefunden, aber diese betrug nur etwas mehr als die Hälfte derjenigen, die aus den Beobachtungen der mechanischen Dilatation hier abgeleitet ist.

In dem zweiten Abschnitt (§. 5 bis §. 10) werden die allgemeinen Formeln für die Farbenerscheinungen entwickelt, welche ein *ungleichförmig dilatirter* Körper unter den bekannten Bedingungen im polarisirten Lichte

zeigt. Ein gleichförmig dilatirter Körper verhält sich für das Licht wie ein Krystall-Individuum, ein ungleichförmig dilatirter Körper ist einem Aggregat von unendlich vielen, sehr kleinen Krystall-Individuen zu vergleichen, deren optische Elasticitätsaxen eine stetige Function des Orts sind, sowohl in Beziehung auf ihre Richtung als ihre Gröfse. Wenn ein polarisirter Strahl auf ein solches Aggregat trifft, so theilt er sich nicht allein bei seinem Eintritt in zwei rechtwinklich polarisirte Strahlen, sondern an jeder Stelle der Bahn theilt sich jeder Strahl, so wie er in ein neues Krystall-Individuum tritt, wieder in zwei Theile, so dafs der eintretende Strahl sich in eine Unzahl von Strahlen im Innern des Aggregats zerspaltet. Müfste man alle diese Theilungen verfolgen, so würde die Untersuchung über die Interferenz des austretenden Lichts in der That sehr schwierig seyn. Die Untersuchung wird aber sehr einfach, wenn die Unterschiede der optischen Elasticitätsaxen so klein sind, dafs ihre Quadrate als verschwindend gegen ihre ersten Potenzen behandelt werden können. Unter dieser Voraussetzung beweise ich folgende zwei Theoreme: 1) Die Bahnen der Lichtstrahlen im Innern des Körpers können bei der Berechnung der Interferenz als geradlinig betrachtet werden. 2) Die nach dem Austritt mit einander interferirenden Strahlen können angesehen werden, als hätten sie den Körper in derselben Richtung durchlaufen. Mit Hülfe dieser Sätze entwickle ich den allgemeinen Ausdruck für die Differenz der Verzögerung, mit welcher die mit einander interferirenden Strahlen aus dem Körper heraustreten. Diese Differenz der Verzögerung hängt ab von dem Gesetz der Drehungen, welchem die Polarisationsebene des Strahls im Innern des Körpers unterworfen ist, und von dem Gesetz seiner Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Beide müssen als Functionen des Orts gegeben seyn. Mittelst der Resultate, welche im ersten Abschnitt der Abhandlung erhalten sind,

lassen sich diese Functionen leicht ableiten aus dem System der Dilatationen des Körpers, oder, was darauf hinauskommt, aus dem System der Verrückungen seiner Theilchen. Das System von Verrückungen mufs entweder gegeben seyn, oder durch eine unabhängige Untersuchung ermittelt werden.

Zur Erläuterung der Formeln werden dieselben angewandt auf Erklärung der Farben, welche ein tordirter Cylinder im polarisirten Lichte zeigt in Richtungen, welche seine Axe schneiden. Er zeigt Farbenringe, deren Durchmesser sich nahe wie natürliche Zahlen und umgekehrt wie die Torsionswinkel verhalten.

Diese beiden Abschnitte bilden die Grundlage des dritten Abschnitts, in welchem ich die Theorie der Farben entwickle, welche in durchsichtigen unkrystallinischen Körpern im polarisirten Lichte aus der ungleichen Temperaturvertheilung entstehen. Wenn die Temperatur in einem Körper ungleich vertheilt ist, so können die einzelnen Theile desselben sich nicht so ausdehnen, als sie sich zufolge ihrer Temperatur ausdehnen würden, wenn sie mit den umgebenden Theilen nicht cohärirten. Die aus diesem Zusammenhang entstehenden, nach den verschiedenen Richtungen ungleichen Dilatationen des Theilchens sind der Grund für die Doppelbrechung, welche dasselbe auf das Licht ausübt, und für die daraus entstehenden Farbenerscheinungen. Ich entwickle die allgemeinen Differentialgleichungen, von welchen das System der Dilatationen des Körpers abhängt, welches durch eine beliebige Temperaturvertheilung in ihm hervorgebracht wird. Man erhält diese Gleichungen, wenn man in die Poisson'schen Gleichungen für das Gleichgewicht elastischer Körper (*Mém. de l'Acad. d. Par. T. VIII*) die Repulsivkraft einführt, welche aus der Erhöhung der Temperatur entsteht. Diese Repulsivkraft wirkt wie der Druck einer Flüssigkeit an jeder Stelle nach allen Seiten gleich, und ist eine Function der erhöhten Tempe-

ratur. Ich habe diese Function linear angenommen, was nur innerhalb mäfsiger Temperaturgränzen richtig ist, man kann aber jede andere Function substituiren, ohne dafs dadurch die Form der Gleichungen geändert wird. Uebrigens, obgleich ich seit vielen Jahren im Besitz dieser Gleichungen bin, hat Duhamel, der seinerseits zu denselben Gleichungen gekommen ist, die Priorität ihrer Publication (*Mém. present. T. V*, 1838). Diese Gleichungen, welche, wie aus dem Folgenden erhellen wird, bei mir nur einen besonderen Fall von viel allgemeineren Gleichungen bilden, können unmittelbar auf krystallinische Medien angewandt werden, nur müssen dann für die Molecularkräfte die auf krystallinische Medien sich beziehenden Ausdrücke derselben gesetzt werden. Dabei entsteht aber die physikalisch wichtige Frage: ob auch in krystallinischen Medien die aus der Temperaturerhöhung entstehende Repulsion nach allen Richtungen hin dieselbe sey, oder ob sie von der Lage der krystallinischen Axen abhänge? eine Frage, die sich durch Beobachtungen entscheiden läfst.

Durch Integration der in Rede stehenden Gleichungen erhält man das System von Dilatationen, welche in dem Körper durch die gegebene Temperaturvertheilung hervorgebracht werden. Substituirt man dieselben in die Formeln des vorhergehenden Abschnitts, so erhält man die allgemeinen Ausdrücke für die Farben, welche ein ungleichförmig erwärmter, durchsichtiger, unkrystallinischer Körper im polarisirten Lichte zeigt.

Ich wende diese Gleichungen zuerst auf eine Kugel an, in welcher die Temperatur concentrisch um ihren Mittelpunkt vertheilt ist. Dieser Fall ist z. B. realisirt, wenn eine Kugel gleichförmig erwärmt in eine Flüssigkeit getaucht wird, von höherer oder niedrigerer Temperatur. Eine solche Kugel zeigt im polarisirten Licht unter den bekannten Bedingungen concentrische Farbenringe, deren Gesetz ich angebe. Für den Charakter die-

ser Farben, ob sie positiv seyen wie im Bergkrystall oder negativ wie im Kalkspath, finde ich die einfache Bestimmung: je nachdem die mittlere Temperatur vom Mittelpunkt bis zur Oberfläche beständig wächst oder abnimmt, sind die Farben positiv oder negativ. Bei der Erwärmung zeigt die Kugel also Ringe, die gleichen Charakter mit denen des Bergkrystalls haben, bei der Abkühlung aber solche, die gleichen Charakter mit denen des Kalkspaths besitzen. Wenn die Erwärmung oder Abkühlung so weit fortgeschritten ist, dafs die Temperatur der Kugel sich durch das erste Glied der Reihe darstellen läfst, welche Fourier für die concentrische Wärmevertheilung in einer Kugel gegeben hat, so giebt es einen Ring der höchsten Farbe, welcher seinen Ort nicht weiter verändert, wiewohl seine Farbe stets fällt. Dieser Ring der höchsten Färbung wird von Strahlen gebildet, welche durch die Kugel in einer Entfernung von ihrem Mittelpunkt gegangen sind, deren erste Annäherung etwa $\frac{4}{5}$ des Halbmessers der Kugel beträgt.

Eine hohle Kugel, gegen deren innere und äufsere Oberfläche ein verschiedener Druck wirkt, zeigt Farbenringe, deren Gesetz ich angebe; sie sind positiv, wenn der innere Druck der gröfsere ist, und negativ, wenn der äufsere Druck der überwiegende ist.

Die allgemeinen Gleichungen, von welchen die inneren Temperaturspannungen in festen Körpern abhängen, und die daraus hervorgehenden Farben, sind partielle Differentialgleichungen zwischen drei abhängigen und drei unabhängigen Variabeln. Nach den vorhandenen analytischen Methoden kann man nur hoffen Resultate aus ihnen zu ziehen, welche sich mit den Beobachtungen vergleichen lassen, in den Fällen, in welchen sich die Anzahl dieser Variabeln auf eine geringere zurückführt. Ein sehr allgemeiner Fall der Art ist der, wo der Körper eine so dünne Platte ist, dafs man Al-

les, was von dem Quadrate und den höheren Potenzen der Dicke abhängt, vernachlässigen kann. In diesem Falle reduciren sich die Variabeln auf zwei abhängige und zwei unabhängige. Dieser Fall ist auch für die Beobachtung besonders geeignet, weil es leichter ist die Körper in der Form dünner Platten frei von permanenten inneren Spannungen, welche bei der Solidification so leicht entstehen, zu erhalten. Es ist wahr, dafs der Einflufs solcher dünner Platten auf das Licht, wegen der Kürze des Weges desselben in ihnen, nur gering ist; dieser kann aber bis auf eine beliebige Höhe gesteigert werden, wenn man den Lichtstrahl nicht durch eine einzelne Platte, sondern durch eine gröfsere Anzahl derselben gehen läfst, die so gestellt sind, dafs jede dieselbe Wirkung auf den Strahl ausübt.

Nachdem die allgemeinen Gleichungen auf den Fall einer dünnen, von parallelen Ebenen begränzten Platte transformirt sind, wende ich dieselben zuerst auf eine kreisförmige Scheibe an, in welcher die Temperatur concentrisch um den Mittelpunkt vertheilt ist. Ich finde das einfache Resultat, dafs der Unterschied der Zeit, in welcher der gewöhnliche und ungewöhnliche Strahl sich senkrecht durch die Platte in der Entfernung r von ihrem Mittelpunkt bewegen, proportional mit $r\frac{d\mu}{dr}$, wo μ die mittlere Temperatur des Theils der Platte bezeichnet, welcher innerhalb des mit r um ihre Axe beschriebenen Cylinders liegt. Der Charakter der Farben fällt zusammen mit dem Vorzeichen von $\frac{d\mu}{dr}$. Wenn also die Platte, gleichförmig erwärmt, sich in der Atmosphäre abkühlt, zeigt sie Farbenringe von demselben Charakter wie der Kalkspath. Wenn die Durchmesser dieser Ringe klein sind, was durch eine hinlängliche Anzahl von Platten immer erreicht werden kann, so verhalten sich dieselben wie die Quadratwurzeln der Glieder der natürlichen Zah-

lenreihe, also wie die Durchmesser der Newton'schen Ringe.

Der Fall, wo die Platte in einen Kreisring verwandelt wird, erhält dadurch ein besonderes Interesse, daſs sich hier bei stationärer Temperaturvertheilung eine neutrale Zone einsetzt. Nennt man ϱ' und ϱ'' den inneren und äuſseren Halbmesser des Ringes, M seine mittlere Temperatur, s die Temperatur in der Entfernung r vom Mittelpunkt, und nimmt μ in der obigen Bedeutung, so ist der Unterschied der Durchgangszeit des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahls, welche senkrecht durch die Ringscheibe in der Entfernung r vom Mittelpunkt gegangen sind, proportional mit:

$$(r^2 - \varrho_{,}^2)(s - \mu) + \varrho_{,}^2 (s - M).$$

Wenn s vom inneren Rande zum äuſseren beständig wächst oder abnimmt, so giebt es immer einen Werth von r zwischen ϱ' und ϱ'', für welchen der vorstehende Ausdruck verschwindet, und dieſs ist der Halbmesser der neutralen Zone. Innerhalb dieser neutralen Zone haben die Farben einen negativen Charakter, wenn s von ϱ' bis ϱ'' abnimmt, auſserhalb derselben einen positiven. Umgekehrt verhält es sich, wenn die Temperatur vom inneren nach dem äuſseren Rande zu wächst.

Eine zweite Anwendung, welche ich von den Gleichungen für dünne Platten mache, bezieht sich auf die Verzerrungen, welche in einem schmalen und dünnen Kreisringe oder in einem Stücke eines solchen durch ungleiche Erwärmung hervorgebracht werden. Die Breite des Ringes, d. h. der Unterschied seines inneren und äuſseren Halbmessers wird so gering angenommen, daſs die Temperatur innerhalb eines jeden Querschnitts als constant angesehen werden kann, und diese also nur eine Function des Bogens ist. Die Untersuchung dieser Verzerrungen hat mir, auſser ihrem theoretischen Interesse, noch einiges praktisches Interesse zu haben geschienen, wegen ihrer Anwendung auf die Bestimmung der Fehler,

welche beim Winkelmessen aus der ungleichen Erwärmung des zum Messen dienenden Kreises entstehen. Poisson hat sich in einer Abhandlung in dem *Connaissance d. t. pour* 1826 mit diesem Gegenstande beschäftigt; nach dem damaligen Standpunkt nimmt er aber die Ausdehnung, welche jeder Theil des Kreises erfährt, proportional mit seiner Temperatur, ohne die Modificationen, welche aus seinem Zusammenhang mit den umgebenden Theilen entstehen, zu berücksichtigen. Für den Fall, dafs der Kreis frei ist, d. h. nicht von Speichen, die in seiner Axe zusammenstofsen, getragen wird, gebe ich in einer einfachen Formel den Fehler an, welcher bei der Winkelmessung aus der ungleichen Temperaturvertheilung im Kreise entsteht. Ein solcher Ring hat auch ein einfaches Verhalten im polarisirten Licht. Er theilt sich durch einen neutralen Durchmesser in zwei Hälften, die in Hinsicht ihrer Farben einen entgegengesetzten Charakter haben. In der einen Hälfte liegen auf der concaven Seite des Ringes positive Farben, auf der convexen negative, in der andern Hälfte verhält es sich umgekehrt. Die positiven und die negativen Farben sind in jeder Hälfte durch den neutralen mittleren Bogen getrennt.

Wenn der Kreis von Speichen getragen wird, wie diefs bei den zum Winkelmessen dienenden gewöhnlich der Fall ist, so üben diese Speichen und der Kreisring eine gegenseitige Deformation aus, welche die Verzerrungen des Ringes, aufser von seiner Temperaturvertheilung, noch abhängig macht von der Anzahl, den Dimonsionen der Substanz der Speichen und der Temperaturvertheilung in ihnen. Meine Formeln können auf jeden gegebenen Fall angewandt werden.

Wenn heterogene feste Substanzen, d. h. solche welche in ihrem Elasticitäts-Modul oder thermischem Ausdehnungs-Coëfficienten verschieden sind, auf eine feste Weise mit einander verbunden sind, so entstehen bei

Veränderung der Temperatur, auch bei gleichförmiger Vertheilung derselben, Spannungen, welche, bei schicklich gewählten Dimensionen der an einander befestigten Stücke, sehr merkbare Formveränderungen hervorbringen können. Hierauf beruhen die Metallthermometer, welche aus zusammengelötheten Streifen zweier differenter Metalle bestehen. Ein solches System heterogener fester Substanzen, die in einer höheren Temperatur fest mit einander verbunden worden sind, zeigt in der gewöhnlichen Temperatur die Farben der doppeltbrechenden Körper, und zwar *permanent*, während dieselben in den vorhergehenden Fällen nur *vorübergehend* waren, ähnlich wie die gehärteten (rasch abgekühlten) Gläser.

Ich beschäftige mich in der Abhandlung mit dem einfacheren Falle, wo zwei rechtwinkliche gerade Streifen von differenten Stoffen in ihren längeren Randebenen bei einer bestimmten Temperatur an einander gelöthet sind. So wie diese Temperatur sich ändert, krümmen sich die Streifen; die an einander gelötheten Randebenen verwandeln sich in gerade Cylinderflächen, für deren Durchmesser D ich folgenden Ausdruck finde:

$$D = \frac{1}{3} \frac{h^4 \frac{k}{k'} + 4h^3 h' + 6h^2 h'^2 + 4hh'^3 + \frac{k'}{k} h'^4}{s(f'-f)hh'(h+h')},$$

worin h und h' die Höhen der Streifen, d. h. diejenigen Dimensionen bezeichnen, welche senkrecht auf der gemeinschaftlichen Gränze stehen, k und k', f und f' ihre respective Elasticitäts-Module und ihre thermischen Ausdehnungs-Coëfficienten, und s den Unterschied der vorhandenen Temperatur von derjenigen, bei welcher die Zusammenlöthung stattfand. Die concave Seite der Cylinderfläche liegt auf der des Streifens mit den kleineren Ausdehnungs-Coëfficienten. — Die isochromatischen Curven dieser Streifen sind parallel mit der gemeinschaftlichen Gränze; jeder Streifen hat eine neutrale, schwarze Linie bei rechtwinklicher Stellung der beiden Turmaline.

Auf der einen Seite dieser neutralen Linie liegen positive, auf der andern negative Farben, in der gemeinschaftlichen Gränze beider Streifen stofsen Farben entgegengesetzten Charakters zusammen. Die Lage der schwarzen Linie ist unabhängig vom Ausdehnungs-Coëfficienten; sie hängt allein von den Dicken der Streifen und vom Verhältnifs ihrer Elasticitäts-Module ab. Ihre Entfernung von der gemeinschaftlichen Gränze in dem Streifen von der Dicke h und dem Elasticitäts-Modul k ist:

$$\frac{1}{6}\left\{\frac{4h^3+3h^2h'+\frac{k'}{k}h'^3}{h(h+h')}\right\}.$$

Das letzte Problem, mit welchem ich mich in der Abhandlung beschäftige, hat seit der Entdeckung der durch Temperaturvertheilung hervorgebrachten Farben, wohl am meisten das Interesse der Physiker auf sich gezogen, sowohl wegen der Schönheit der Farben als wegen der unerwarteten Symmetrie in ihrer Vertheilung. Ich meine die Farben, welche eine rechtwinkliche Platte zeigt, wenn sie mit einem ihrer Ränder auf eine erhitzte Metallplatte gestellt wird, oder selbst erhitzt mit diesem Rande auf eine kalte Unterlage gelegt wird. Die Erklärung der Farben einer solchen Platte und ihrer Vertheilung habe ich, seitdem ich im Besitz der Principien der Theorie dieser Phänomene bin, für ihren vorzüglichsten Prüfstein gehalten. Indefs bin ich dabei auf analytische Schwierigkeiten gestofsen, welche die Publication dieser Arbeit so lange verzögert haben, deren Beseitigung jedoch mir auch jetzt nicht gelungen ist, und auf welche ich nur wünschen kann die Aufmerksamkeit eines Geometers zu lenken. Reihen, deren Glieder nach den Wurzeln einer transcendenten Gleichung fortschreiten, haben sich in mathematisch-physikalischen Untersuchungen häufig dargeboten, aber diese Gleichungen hatten immer lauter reelle Wurzeln. Hier hat sich, ich glaube zum ersten Mal, der Fall *dargeboten*, wo diese Gleichung lauter *imaginäre Wurzeln besitzt.* Das zu lösende Problem

besteht darin, die constanten Coëfficienten der Glieder eines solchen nach den imaginären Wurzeln einer transcendenten Gleichung fortschreitenden Reihe zu bestimmen. Das Interesse dieses Problems ist um so gröfser, da auf Reihen der Art viele andere Untersuchungen führen, welche von den Gleichungen des Gleichgewichts elastischer Körper abhängen.

Meine Resultate über die Farben, welche in rechtwinklichen Platten unter den bezeichneten Bedingungen auftreten, beschränken sich auf die Fälle, für welche sich nachweisen läfst, dafs der Werth der in Rede stehenden Reihen unmerklich ist, und sie also vernachlässigt werden dürfen. Meine Formeln setzen Platten voraus, bei denen die Höhe die Breite mehrere Male übertrifft oder umgekehrt, die Breite mehrere Male gröfser ist, als die Höhe, und in denen die Temperaturen nur Functionen der Entfernung vom unteren Rande sind, oder doch als solche angesehen werden können. Diese Formeln dürfen im ersteren Falle nicht auf Stellen angewandt werden, welche in der Nähe des unteren oder oberen Randes liegen, im zweiten Falle nicht auf Stellen, welche sich in der Nähe der Seitenränder befinden. Eine Platte, deren Höhe die Breite mehrere Male übertrifft, zeigt im polarisirten Lichte, wenn ihre Temperatur stationär geworden ist, vier Farbenfelder, nämlich ein centrales, zwei Seitenfelder und ein unteres Farbenfeld. Diese Felder sind durch schwarze Zonen von einander getrennt, wenn die Polarisationsebenen des einfallenden Lichtes und des analysirenden Turmalins rechtwinklich stehen, und die Ränder der Platte 45° mit ihnen bildet. Meine Formeln erklären die Seitenfelder und das centrale Feld vollständig, können aber auf das untere Feld nicht angewandt werden. Sie zeigen z. B., dafs die Seitenfelder immer negativ sind, dafs der Charakter des centralen Feldes aber von der Breite der Platte abhängt; für geringe Breiten bis zu einer bestimmten Gränze

sind

sind die centralen Farben positiv, zwischen dieser Gränze und einer zweiten werden sie negativ, jenseits dieser zweiten Gränze wiederum positiv u. s. w. Diese merkwürdige Umkehrung des Charakters der Farben, bei wachsender Breite, habe ich durch Beobachtungen bestätigt gefunden. — Die schwarzen Zonen, durch welche das centrale Feld von den Seitenfeldern getrennt wird, sind zufolge meiner Formel keine neutralen Zonen, wie z. B. die Mittellinie in einem gekrümmten Streifen, sondern entstehen daraus, dafs in ihnen die Polarisationsebenen des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahls mit den Rändern der Platte 45° bilden. Die Entfernung dieser schwarzen Zonen von der Mitte der Platte finde ich annähernd gleich der halben Breite derselben, dividirt durch $\sqrt{3}$.

Platten, bei welchen die Breite mehrere Male die Höhe übertrifft, zeigen sich im polarisirten Lichte in fünf Felder getheilt, ein centrales, ein oberes und unteres Randfeld, und zwei Seitenfelder. Meine Formeln erklären das Verhalten der Platte in den drei ersten Feldern vollständig, dürfen aber auf die Seitenfelder nicht angewandt werden. Ich wende die Formeln auf eine bestimmte Platte an, deren Dicke, Höhe und Breite beiläufig 1, 10 und 40 Linien beträgt, und berechne für den Fall einer stationären Temperatur die höchsten Farben im centralen Felde und in den beiden Randfeldern, so wie die Lage der Gränzen dieser drei Felder. Die numerischen Resultate, welche ich erhalten, stimmten mit den Beobachtungen so gut, als die ungenau gekannten Coëfficienten der inneren und äufseren Wärme-Leitungsfähigkeit es erwarten liefsen. Die Formeln, wie die Beobachtungen, geben die Farbenvertheilung und die Lage der schwarzen Zonen, welche das centrale Feld von den Randfeldern trennen, symmetrisch in Beziehung auf den oberen und unteren Rand, wiewohl die Wärme vom unteren Rande nach dem oberen Rande zu stetig

abnimmt. Die Entfernung dieser schwarzen Zonen von der Mitte der Platte fand ich annähernd gleich der halben Höhe derselben dividirt durch $\sqrt{3}$. — Die stationäre Temperatur in der Platte wurde dadurch hervorgebracht, dafs ihr unterer Rand in einer festen Temperatur, welche ich mit A bezeichnen will, erhalten wurde. Ich berechne die Dilatationen, welche die Theile in der Mitte der Platte und in der Mitte des unteren und oberen Randes bei dieser stationären Temperatur erfahren. Ich finde die Theile in der Mitte des unteren und oberen Randes gleich stark in der Richtung der Breite contrahirt und in der Richtung der Höhe dilatirt, in Beziehung auf die ihren Temperaturen entsprechenden Dilatationen, nämlich contrahirt um so viel, als wäre ihre Temperatur um $\frac{1}{20}A$ geringer als sie ist, und dilatirt um so viel, als wäre ihre Temperatur um $\frac{1}{80}A$ gröfser. In der Mitte der Platte hingegen finde ich die Theile in der Richtung der Breite dilatirt, und senkrecht darauf contrahirt in Beziehung auf die Ausdehnungen, die sie nach der hier vorhandenen Temperatur haben sollten; die Dilatation ist so grofs als die freie Wärmeausdehnung von $\frac{1}{39}A$, und die Contraction so grofs, als die freie Ausdehnung von $\frac{1}{136}A$ beträgt.

Aus meinen Formeln leitet sich eine einfache geometrische Construction ab für den Unterschied der Verzögerung der beiderlei aus der Platte austretenden mit einander interferirenden Strahlen. Man construire über einer Linie, welche durch die Mitte der Platte senkrecht auf ihren unteren Rand gezogen ist, als über einer Abscissen-Linie eine Curve, deren Ordinaten die Temperaturen der Platte darstellen, und ziehe eine gerade Linie, die so liegt, dafs die Summe der Quadrate der Differenzen ihrer Ordinaten und der Ordinaten der Temperatur-Curve ein Minimum ist. Die Unterschiede dieser Ordinaten sind an jeder Stelle proportional mit dem Unterschied der Verzögerung des gewöhnlichen und unge-

wöhnlichen Strahls, welche an dieser Stelle senkrecht durch die Platte gegangen sind. In den Durchschnittspunkten der geraden Linie mit der Temperatur-Curve ist dieser Unterschied der Verzögerung gleich Null; ihre Abscissen bestimmen die Lage der schwarzen neutralen Zonen, welche die Farbenfelder entgegengesetzten Charakters trennen. Je nachdem nämlich der Unterschied der Ordinaten an einer Stelle positiv oder negativ ist, ist auch die Farbe an dieser Stelle positiv oder negativ. Diese Construction ist gültig, nach welchem Gesetz die Temperatur in der Platte auch vertheilt sey, vorausgesetzt dafs sie allein eine Function der Entfernung vom unteren oder oberen Rande sey, oder doch als solche angesehen werden könne. Die Construction zeigt unter Anderem sogleich, dafs bei der Erwärmung und bei der Abkühlung der Platte der Charakter der Farben ein entgegengesetzter ist; diefs folgt in der That unmittelbar daraus, weil im ersten Falle die Temperatur-Curve ihre convexe Seite der Abscissen-Linie zukehrt, im zweiten Falle aber die concave Seite.

Die Uebereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen überall, wo ich den Calcül bis zu dem einzelnen Fall habe durchführen können, läfst über die Richtigkeit ihrer Principien keinen Zweifel. Was in Hinsicht der Erklärung und Berechnung der Farben, welche durch ungleiche Temperaturvertheilung hervorgebracht werden, zu wünschen übrig bleibt, ist die Vervollkommnung der analytischen Methoden, und die Verificirung der Gleichungen, von welchen die Bewegung der Wärme abhängt, namentlich in Beziehung auf schlecht leitende Körper. Dann erst wird es auch von Interesse seyn, in den Gleichungen für die durch Temperaturdifferenzen hervorgebrachten Spannungen die Wärmerepulsion nicht, wie es hier geschehen ist, proportional mit der Temperatur zu nehmen, sondern die vollständigere Function, wodurch diese Repulsion dargestellt wird, in die Glei-

chungen einzuführen, wodurch übrigens ihre Form keine Veränderung erleidet.

Die Theorie bezieht sich auf die *vorübergehenden* Farben, welche mit den Temperaturdifferenzen zugleich verschwinden. Ich bin aber auch im Besitz der Principien, mittelst deren die *bleibenden* Farben, welche durch Härtung der festen durchsichtigen Körper, durch rasche Abkühlung, entstanden sind, auf den Calcül zurckgeführt werden. Ich will mir noch erlauben diese Principien hier in aller Kürze näher zu bezeichnen, die weitere Entwicklung einer späteren Abhandlung vorbehaltend.

Die Theorie der bleibenden Farben, welche durch rasche Abkühlung oder überhaupt durch schnelle Solidification in durchsichtigen Körpern entstehen, ist nur eine specielle Anwendung einer allgemeinen Theorie, deren Gegenstand die Veränderungen sind, welche in der relativen Lage der Theile eines festen Körpers hervorgebracht werden, wenn einige derselben oder sämmtliche *bleibende Dilatationen* erlitten haben. Diese bleibenden Dilatationen entstehen, wenn, sey es bei einer mechanischen Formveränderung des Körpers oder bei einem physikalischen Procefs, die Gränze der Elasticität überschritten wird. Wenn z. B. ein geradliniger Stab über eine gewisse Gränze hinaus gekrümmt wird, so kehrt er nach Aufhebung der krümmenden Kraft nicht vollständig zur geradlinigen Gestalt zurück; er hat eine *bleibende* Krümmung erlitten. Einige seiner Theile haben in der *vorübergehenden* Krümmung die Gränze der Elasticität überschritten; die Wirkung dieser Theile theils auf einander, theils auf denjenigen, welche ihre Gränze der Elasticität nicht überschritten haben, bestimmt die Gröfse der bleibenden Krümmung. Könnte man die ersten Theile, welche permanente Dilatationen erlitten haben, von den letzteren, welche solche nicht erlitten haben, trennen, so würden diese letzteren zu der ursprünglichen geradlinigen Lage wieder zurückkehren. Im polarisirten Licht

würde ein permanent gekrümmter Stab ein System bleibender Farben zeigen, welches sehr verschieden ist von demjenigen, welches aus der vorübergehenden Krümmung entsteht. Auf jeder Seite der Mittelebene des Stabes würde man ein doppeltes System Farben beobachten, ein positives und negatives, die durch eine neutrale Zone getrennt sind. Hier würden also drei neutrale Zonen vorhanden seyn, während bei der vorübergehenden Krümmung nur eine solche Zone da ist. — Aehnlich wie bei der permanenten Krümmung verhält es sich bei der permanenten Torsion. Der Winkel der permanenten Torsion hängt nur auf eine indirecte Weise von dem Winkel der vorübergehenden Torsion ab, aus welcher sie entstanden ist; direct hängt die permanente Torsion wieder ab von der Wirkung der Theile, deren Elasticitätsgränze überschritten ist, auf einander, und auf die Theile, deren Verschiebung innerhalb ihrer Elasticitätsgränze geblieben ist.

Ich werde das Princip angeben, welches zu den Gleichungen führt, welche die relative Lage der Theilchen in einem durch *bleibende Dilatationen* gespannten Körper bestimmen, woraus sich dann sowohl seine Formveränderung, als die Farben, welche er im polarisirten Lichte zeigt, ergeben. Man denke sich in dem Körper in seinem natürlichen Zustand ein kleines rechtwinkliches Prisma, befreit von seinem Zusammenhang mit den umgebenden Theilen, so dafs es, nachdem die bleibende Dilatation eingetreten ist, diese hat vollständig annehmen können. Das Prisma ist so klein, dafs diese Dilatation als gleichförmig betrachtet werden kann. Durch äufsere, gegen seine Oberfläche wirkende Druckkräfte denke man sich dieses bleibend dilatirte Prisma auf sein ursprüngliches Volumen zurückgeführt. Theilt man dieses reducirte Prisma durch eine Ebene, so stofsen sich die beiden Theile von einander ab, und sie werden nur durch die auf die Oberfläche des Prismas wirkenden Druck-

kräfte in ihrer relativen Lage erhalten. Die Gröſse dieser Abstoſsung nenne ich den *bleibenden molecularen Druck* gegen die theilende Ebene, im Gegensatz gegen den *vorübergehenden Druck*, welcher durch eine vorübergehende Dilatation hervorgerufen wird.

Der bleibende moleculare Druck ist der Richtung und Gröſse nach durch die Lage der Ebene, gegen welche er gerichtet ist, gegeben, wenn die bleibende Dilatation des Prismas gegeben ist. — Wenn also das System der bleibenden Dilatation im ganzen Körper bekannt ist, so kann man für jeden Punkt desselben den bleibenden molecularen Druck angeben, welcher in demselben gegen eine durch ihn gelegte Ebene stattfindet. — Die Gleichgewichts-Gleichungen für den durch bleibende Dilatationen gespannten Körper erhält man, wenn man ausdrückt, daſs in jedem Element desselben die auf die Oberfläche desselben wirkenden Druckkräfte mit einander im Gleichgewicht stehen, nämlich die bleibenden molecularen Druckkräfte und die vorübergehenden, welche durch die Verrückungen der Theilchen aus ihrer ursprünglichen natürlichen Lage erregt werden. Mit andern Worten: man hat, um die in Rede stehenden Gleichungen zu bilden, nur die bleibenden molecularen Druckkräfte des Körpers in die Navier'schen Gleichungen des Gleichgewichts elastischer Körper einzuführen.

Die auf diesem Wege erhaltenen Gleichungen gelten für jeden Punkt im Innern des Körpers; zu ihnen treten noch die Bedingungsgleichungen, welchen die Integrale jener Gleichungen für jeden Punkt der Oberfläche des Körpers genügen müssen. Diese Bedingungsgleichungen drücken aus, daſs die Summe des bleibenden und vorübergehenden molecularen Drucks in jeder Stelle der Oberfläche Null ist, wenn dieselbe frei ist, oder, wenn auf die Oberfläche noch äuſsere Druckkräfte wirken, mit diesen im Gleichgewicht stehen. Diese Bedingungsgleichungen machen die Integrale der allgemei-

nen Gleichungen abhängig von der Form der Oberfläche des Körpers, und diefs ist der Grund, warum dasselbe System bleibender Dilatationen ein anderes System von inneren Spannungen hervorbringt, wenn die Oberfläche des Körpers eine andere wird. Diefs erklärt die merkwürdige Thatsache, welche ich immer für die schönste Entdeckung Brewster's im Kreise der hieher gehörigen Phänomene gehalten habe, dafs mit der Form des innerlich gespannten, gehärteten Körpers zugleich die relative Lage seiner sämmtlichen Theile eine Aenderung erfährt, und man kennt jetzt den Weg, diese Aenderung durch den Calcül im Voraus zu bestimmen. — Uebrigens findet dieselbe Abhängigkeit von der Oberfläche des Körpers statt in Beziehung auf die vorübergehenden Spannungen, welche durch Temperaturdifferenzen hervorgebracht werden, nur dafs hier in der Regel die Temperaturvertheilung mit der Oberfläche sich verändert. — Die Gleichungen, von welchen die durch Temperaturdifferenzen hervorgebrachten Spannungen abhängen, sind nur ein besonderer Fall der hier in Rede stehenden Gleichungen, welcher dadurch charakterisirt ist, dafs der bleibende moleculare Druck für jede Stelle des Körpers nach allen Richtungen derselbe ist. Man kann in der That die thermische Ausdehnung eines Elements des Körpers, welche der Temperatur desselben angehört, betrachten als eine nach allen Richtungen hin gleich grofse bleibende Dilatation dieses Elements, und erhält dann dieselben Gleichungen, welche ich in der Abhandlung für die durch Temperaturvertheilung bewirkten inneren Spannungen entwickelt habe.

In der Theorie der bleibenden inneren Spannungen der festen Körper müssen dreierlei Arten von Dilatationen unterschieden werden, nämlich zuerst die in dem Körper wirklich vorhandenen Dilatationen, und die bleibenden Dilatationen, welche in seinen Theilen erregt worden sind; diese beiden Dilatationen beziehen sich auf

die natürliche ursprüngliche Entfernung der Theilchen des Körpers von einander, und ich nenne die erstere die *absolute Dilatation.* Aufser dieser *absoluten* und *bleibenden* Dilatation mufs drittens die *relative Dilatation* in dem Körper unterschieden werden; diefs ist die vorhandene Dilatation, bezogen, nicht auf die ursprüngliche Entfernung der Theilchen, sondern auf die bleibend dilatirte Entfernung derselben. Wenn, wie in allen diesen Untersuchungen vorausgesetzt wird, die Dilatationen kleine Gröfsen sind, so ist die relative Dilatation die Differenz der absoluten und der bleibenden Dilatation. Die relativen Dilatationen sind es, welche sowohl die inneren Spannungen des Körpers hervorbringen, als die Farben, welche derselbe, wenn er durchsichtig ist, im polarisirten Lichte zeigt. Um diese Farben durch den Calcül zu bestimmen, dürfen nur in die allgemeine Formeln für diese Farben, welche ich in der vorliegenden Abhandlung entwickelt habe, die Ausdrücke für die relativen Dilatationen substituirt werden.

Die Anwendung der in Rede stehenden Gleichungen auf einen bestimmten Fall setzt die Kenntnifs des Systems bleibender Dilatationen, welches in diesem Fall stattfindet, voraus. Diefs mufs gegeben seyn, oder durch eine besondere Untersuchung aus dem Procefs, welcher die bleibenden Dilatationen hervorgebracht hat, abgeleitet werden, eben so wie bei den Gleichungen für die vorübergehenden Spannungen, welche durch Temperaturdifferenz hervorgebracht werden, die Vertheilung der Temperatur gegeben seyn mufs, oder durch eine besondere Untersuchung aus den Umständen, durch welche sie hervorgebracht ist, ermittelt werden mufs.

Unter den verschiedenen Fällen, auf welche man diese Gleichungen anwenden kann, hat mir der des rasch abgekühlten Glases der wichtigste geschienen, weil man hier die inneren Spannungen durch Beobachtungen mittelst des polarisirten Lichts verfolgen kann, und weil

diese Anwendung zur Erklärung und Berechnung eines der schönsten Farbenphänomene führt. Die Vorstellungen, welche ich zum Grunde gelegt habe, um den Procefs der Härtung des rasch abgekühlten Glases dem Calcül zu unterwerfen, sind folgende. Inmitten dieses Processes, der eine Zeit hindurch dauert, fixiren wir einen Moment. Der Körper besteht jetzt aus zwei Theilen, der eine glüht noch und ist weich, der andere ist schon erstarrt und fest. Die Gränze beider Theile bildet die Schicht, welche gerade die Erstarrungstemperatur besitzt, d. h. die Temperatur, bei welcher die Theile nur gegen die Verdichtung und Verdünnung einen Widerstand leisten, aber eben anfangen wollen auch ihrer Verschiebung zu widerstehen. Beide Theile adhäriren fest mit einander. Der feste Theil nun übt einen gewissen Druck oder Zug gegen den weichen, weil er bestrebt ist, diejenige Form anzunehmen, welche ihm, zufolge seiner Temperatur und zufolge der bleibenden Dilatationen, die er erlitten hat, zukommt. Der weiche Theil, der wie ein flüssiger angesehen werden darf, widersteht diesem Druck oder Zug nur mit einer Kraft, die senkrecht gegen seine Oberfläche ist, und erleidet dabei eine Contraction oder Dilatation. Unter dieser bestimmten Contraction oder Dilatation erhärtet die Schicht, welche die Erstarrungstemperatur besitzt, wegen des fortgehenden Temperaturverlustes. Die Differenz dieser Contraction oder Dilatation und derjenigen Dilatation, welche diese Schicht zufolge ihrer Erstarrungstemperatur haben sollte, ist ihre bleibende Dilatation. Das Problem der bleibenden Dilatationen, welche bei der raschen Abkühlung eines Glaskörpers entstehen, führt also zunächst zu der Aufgabe: die Form zu bestimmen, welche der schon festgewordene Theil des Körpers annimmt in Folge der Temperaturvertheilung in ihm und der bleibenden Dilatationen, welche er erlitten hat, und unter dem Druck, welchen der weiche glühende Theil gegen seine innere Oberflä-

che ausübt. Dieser Druck, welchen der weiche Theil ausübt, ist senkrecht gegen seine Oberfläche und proportional mit dem Unterschied der Vergröfserung, welche sein Volumen in Folge seiner Temperatur haben sollte, und derjenigen Vergröfserung, welche es wirklich besitzt; das Volumen, welches der weiche Theil aber wirklich einnimmt, ist dasjenige, welches die innere Oberfläche des festen Theils des Körpers einschliefst. — Das Problem ist hiemit vollständig bestimmt, und es ist leicht, das System Differentialgleichungen, von denen es abhängt, anzugeben. Die Integrirung dieser Gleichungen giebt unmittelbar die Dilatation des noch glühenden Theils des Körpers, und somit die bleibende Dilatation der eben erhärtenden Schicht, aber diese ausgedrückt durch die noch unbekannte Function, welche die bleibenden Dilatationen darstellt, die der feste Theil des Körpers schon erlitten hatte. Geht man nun aber zur nächst folgenden erhärtenden Schicht über, so erhält man eine Differentialgleichung für diese Function, deren Integral die bleibenden Dilatationen, welche aus dem Procefs der Härtung hervorgehen, für den ganzen Körper darstellt.

Diese Principien der Theorie der Härtung glasartiger Körper umfassen nur die wesentlichsten Umstände, von denen ihre bleibenden Dilatationen abhängen; einige andere Umstände, welche von untergeordneterem Einflufs sind, wird man später berücksichtigen können, und so diese Theorie vervollständigen. Dahin gehört namentlich der Umstand, dafs die *relativen* Dilatationen in dem schon fest gewordenen Theile des Körpers die Gränze der Elasticität überschritten haben können, und dadurch von Neuem bleibende Dilatationen erzeugt sind. Diefs wird besonders gelten für die Theile, welche noch eine sehr hohe Temperatur besitzen, weil sie in dieser eine viel engere Elasticitätsgränze haben, verbunden mit einer weiteren Gränze der Verschiebbarkeit, als in einer niedrigen Temperatur. Die Berücksichtigung dieses Um-

standes erfordert aber noch eine gröfsere Ausdehnung der experimentellen Untersuchungen über die Elasticitätsgränzen, namentlich auf welche Weise sie von der Temperatur abhängen, und welche Veränderungen in der relativen Lage der Theilchen hervorgebracht werden, wenn diese Gränze nur in einer Richtung überschritten wird. Uebrigens ist die Vernachlässigung dieses Umstandes ohne Zweifel von geringerem Nachtheil für die Resultate der Theorie, als die mangelhafte Kenntnifs von der Bewegung der Wärme in den hohen Temperaturen, unter welchen die Härtung vor sich geht.

Ein allgemeines Resultat, zu welchem die Principien der Thorie der Härtung glasartiger Körper, welche ich auseinandergesetzt habe, unmittelbar führen, ist, dafs, wie verschieden die bleibenden Dilatationen in den verschiedenen Theilen des Körpers auch seyn mögen, sie doch in jedem Theilchen nach allen Richtungen hin gleich sind. Dieses Resultat läfst wichtige Folgerungen zu. Es ergiebt sich hieraus, dafs das System von Spannungen und Dilatationen, welches in einem Körper durch seine Härtung hervorgebracht wird, immer auch durch eine bestimmte Temperaturvertheilung in ihm hervorgebracht werden kann. Diese Temperaturvertheilung und die aus der Härtung hervorgegangenen bleibenden Dilatationen werden durch dieselbe Function der Ordinaten ausgedrückt. Hierin liegt der Grund der merkwürdigen Uebereinstimmung der Farben, welche ein gehärteter Körper im polarisirten Lichte zeigt, mit denjenigen Farben, welche in ihm durch Temperaturdifferenzen können hervorgebracht werden. In der That können von den Resultaten, zu welchen ich in der vorliegenden Abhandlung in Beziehung auf die vorübergehenden Farben,. die durch Temperaturvertheilung erzeugt werden, gekommen bin, alle diejenigen, welche unabhängig sind von dem speciellen Gesetze der Temperaturvertheilung, unmittelbar angewandt werden auf die Farben, welche derselbe Körper zeigt,

wenn er gehärtet wird, wenn die dabei entstehenden bleibenden Dilatationen nur im Allgemeinen dieselbe Symmetrie als die Temperaturvertheilung befolgen. Ich finde z. B. dafs in einer gehärteten Kugel oder einem geraden Cylinder die bleibenden Dilatationen von dem Centrum oder der Axe aus nach der Peripherie wachsen; daraus folgt sogleich, dafs eine solche Kugel oder Cylinder im polarisirten Licht sich verhalten müssen, als wären sie nicht gehärtet und hätten eine vom Mittelpunkt oder von der Axe aus steigende Temperatur, und dafs daher z. B. die Farbenringe, welche sie zeigen, einen positiven Charakter, wie die des Bergkrystalls haben müssen, wie es auch die Beobachtung gezeigt hat. Eben so kann in Folge dieses Princips umgekehrt aus der Farbenvertheilung in dem gehärteten Körper auf die Vertheilung seiner bleibenden Dilatationen geschlossen werden. Lange Glasstreifen, die gefärbt sind, besitzen eine Farbenvertheilung von demselben Charakter als diejenige, welche sie ungehärtet gezeigt haben würden, wenn sie mit einem Längenrande auf eine heifse Unterlage gestellt worden wären; daraus folgt sogleich, dafs die bleibenden Dilatationen von den Längenrändern aus nach der Mitte der Platte zu abnehmen, und dafs die Entfernung der schwarzen neutralen Zonen, welche das centrale Farbenfeld von den Randfeldern trennen, von der Mitte der Platte nahe gleich seyn mufs der halben Breite der Platte dividirt durch $\sqrt{3}$.

II. *Neue Untersuchungen über die Eigenschaften der discontinuirlichen Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung; von Hrn. A. De la Rive.*

(Schlufs.)

Zweiter Theil. — Von den Erscheinungen, welche die discontinuirlichen Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung hervorbringen, wenn sie eine aus starren und flüssigen Leitern gebildete Kette durchlaufen.

In meiner ersten Abhandlung hatte ich mich zur Erzeugung der unterbrochenen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme des Clarke'schen Apparats bedient, bei welchem man diese Ströme durch Induction erregt, indem man einen Anker von weichem Eisen, umwickelt mit Seide besponnenen Draht, rasch vor den Polen eines starken Magneten umlaufen läfst. Zur Messung der Wärme-Intensität dieser Ströme bediente ich mich der Metallfeder eines Breguet'schen Thermometers, die ich mit in die Kette brachte. Bereits im ersten Theile dieser Abhandlung habe ich die von Hrn. Lenz gegen die Anwendung dieser Apparate erhobenen Einwürfe beantwortet. Um mich jedoch gegen jeden neuen Einwurf sicher zu stellen habe ich meine früheren Versuche mit andern Apparaten wiederholt, und die neuen Untersuchungen bald mit diesen, bald mit jenen angestellt.

Statt des Clarke'schen Apparats habe ich eine Daniell'sche Batterie von 10 Elementen genommen [1]). Um

1) Zur Trennung der Kochsalzlösung, in welche das Zink getaucht ist,

mittelst dieser Batterie discontinuirliche und abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme zu erhalten, habe ich mich eines von Hrn. Bonijol construirten Commutators bedient, mittelst dessen man durch eine mehr oder weniger schnelle Drehung die Aufeinanderfolge jener Ströme, die ich von jetzt an, der Kürze halber, *abwechselnde Ströme* nennen will, mehr oder weniger rasch machen kann. Diefs Verfahren hat den Vortheil, dafs man, gleichsam in demselben Augenblick die Wirkung eines continuirlichen Stromes vergleichen kann mit der eines discontinuirlichen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten, oder, wie ich ihn nun nenne, eines *abwechselnden*.

Um die Wärmewirkungen dieses Stroms zu messen, nahm ich statt der Feder eines Breguet'schen Thermometers einen sehr dünnen Platindraht, der durch die luftvolle Kugel eines empfindlichen Thermoskops ging. Die Kugel ist versehen mit einem senkrechten und 30 Centimeter langen Rohre, welches unten in eine Flasche mit Flüssigkeit taucht. Wie schwach auch die Ströme seyn mögen, so erwärmen sie doch den durchlaufenen Draht und machen die Flüssigkeit in der Röhre herabsinken. Diese Flüssigkeit ist gefärbtes Wasser. Anfangs hatte ich gefärbten Alkohol genommen; allein die Alkoholdämpfe, welche die Kugel des Thermoskops erfüllen, bewirken, wie wenig auch der Platindraht erhitzt wird, ein Erglühen desselben, und in Folge defs eine Verbrennung, welche die Angaben des Instruments gänzlich stören. Ich habe auch, wenn die Ströme sehr stark waren, das in einer früheren Abhandlung von mir beschriebene

von der Kupfervitriollösung, in der das Kupfer steht, ziehe ich die Anwendung von Holzröhren der von Schläuchen aus Blase vor. Das Holz, welches die Stärke der Säule nicht beträchtlich schwächt, hat den Vortheil, der Wirkung derselben eine weit gröfsere Constanz auf eine weit längere Zeit zu geben. (Cylinder von gebranntem Thon sind indefs noch vorzüglicher. P.)

Wärme-Galvanometer angewandt [1]); diefs besteht in einem Platindraht von verschiedener Länge und Dicke, den man in die Kette bringt, und dessen Ausdehnung man mittelst eines Zeigers mifst, der sich über einem Gradbogen bewegt. Der Platindraht, den ich anwandte, hielt 162 Mllm. in Länge und 1 Mllm. im Durchmesser.

Der erste Versuch, den ich machte, um mich über die vergleichende Wirkung der continuirlichen und abwechselnden Ströme aufzuklären, war folgender:

Zwei quadratische Platinplatten von 7 Centimeter in Seite tauchen in Schwefelsäure, die mit dem 9fachen ihres Volums Wasser verdünnt ist. Sie stehen 1 Centimeter von einander und sind mit den Polen der Säule verbunden. Anfangs entwickelt sich viel Gas an jeder derselben, und der Zeiger des wenigst empfindlichen Wärme-Galvanometers, das ich in die Kette gebracht, geht von 0° auf 17°. Man bringt den in der Kette befindlichen Commutator in Bewegung; sogleich zeigt sich mehr Gas an den Platinplatten, und der Zeiger des Wärmegalvanometers wandert bis 20°.

Ich wiederhole dieselben beiden Versuche, nur dafs ich statt des flüssigen Leiters einen Platindraht von solcher Länge und Dicke nehme, dafs das Wärme-Galvanometer, wenn der Strom continuirlich ist, 20° giebt.

Ich drehe den Commutator, und sogleich kommt die Nadel auf 17° zurück.

Was ist aus diesem Versuch zu schliefsen? 1) dafs unter denselben Umständen, bei einer ganz metallischen Kette, ein und derselbe Strom eine geringere Stärke hat, wenn er discontinuirlich und alternativ, als wenn er continuirlich ist, was so seyn mufs [2]); — 2) dafs, wenn

1) *Mém. de la Soc. de Phys. et d'hist. nat. de Genève, T. VII p.* 485. (Ann. Bd. XXXX S. 379.)

2) Ich gestehe, die Nothwendigkeit dazu nicht einzusehen, auch hege ich grofsen Zweifel an der Wirklichkeit des Phänomens. Um in Wahrheit annehmen zu können, dafs der abwechselnde Strom schwä-

ein Theil der Kette flüssig ist, das Umgekehrte stattfindet; diefs erklärt sich, wenn man bemerkt, dafs die geringere Intensität, welche der Strom besitzt, wenn er abwechselnd ist, in diesem Fall mehr als compensirt wird, dadurch, dafs der Widerstand, welchen er bei seinen Uebergang aus den Metallplatten in die Flüssigkeit erfährt, wegen der unmittelbaren Wiedervereinigung der an derselben Platte einander rasch folgenden Gase und des dadurch eintretenden Mangels einer Gasentwicklung, verringert wird.

Man kann diefs letztere Resultat augenfällig machen, wenn man den Platindraht des Galvanometers durch einen dünneren Draht ersetzt. Dieser erhitzt sich, ohne zu glühen, wenn ihn der continuirliche Strom der Säule durchläuft; er wird aber glühend, so wie man den Strom durch die Bewegung des Commutators abwechselnd macht.

Ich habe mich auch auf diese Weise von der grofsen Leitungsfähigkeit der gewöhnlichen Salpetersäure überzeugt. Ich brachte eine 1 bis 2 Centimet. hohe Schicht von dieser Säure in die Kette, indem ich sie in eine Platinschale gofs und ihre Oberfläche mit einer Platinscheibe in Berührung setzte. Der continuirliche Strom ei-

cher sey als ein stetiger aus gleicher Quelle und in gleichem Kreise, müfste zuvörderst bewiesen werden, dafs beim Spiel des Commutators durch Nebenursachen (z. B. unvollständigere Berührung der übereinandergleitenden Theile, partielle Abschliefsung der Kette u. s. w.) kein Theil der Stromstärke verloren gehe. Nach Erfahrungen, die ich schon vor einigen Jahren über denselben Gegenstand gemacht habe, ist es, ohne eine eigenthümliche Einrichtung des Apparats, sehr schwierig sich hierüber in Gewifsheit zu setzen, und so lange das nicht geschehen ist, kann man aus dem Vergleich der Resultate, die man bei Ruhe und Bewegung eines solchen Commutators erhält, keinen sichern Schlufs ziehen. — Was übrigens die gröfsere Stärke der abwechselnden Ströme bei Flüssigkeiten betrifft, so dürfte sie zum grofsen Theil ihren Grund darin haben, dafs bei steter Umkehrung der Stromrichtung die Polarisation der Platten, wenn auch nicht ganz, doch zum überwiegendsten Theil aufgehoben wird. *P.*

einer Säule erfuhr, beim Durchgang durch diefs System, eine ziemlich grofse Schwächung; allein der abwechselnde Strom wurde gleich gut geleitet, er mochte durch die Schicht Salpetersäure gehen, oder, indem man den Deckel die Schale berühren liefs, blofs das Platin durchdringen.

Daraus folgt, dafs man den Intensitätsverlust, welchen die Elektricität beim Uebergange aus einem starren in einen flüssigen Leiter oder umgekehrt erleidet, Null oder fast Null machen kann, wenn man sich der abwechselnden Ströme statt der continuirlichen bedient. Auch scheinen mir diese letzteren Ströme zur Bestimmung der Leitungsfähigkeit einer Flüssigkeit den Vorzug zu haben, weil man dadurch denjenigen Theil der Wirkung, welcher von dem Wechsel der Leiter herrührt, aus dem beobachteten Resultat eliminirt.

Man begreift nun leicht, warum ich, in meiner früheren Abhandlung über die magneto-elektrischen Ströme, gefunden hatte, dafs diese Ströme durch den Wechsel von metallischen und flüssigen Leitern keinen merklichen Verlust erleiden, und warum sie, durch eine Veränderung in der Länge der Leiter, verhältnifsmäfsig weit stärker afficirt werden als die continuirlichen Ströme. Da bei diesen nämlich der Intensitätsverlust zugleich abhängig ist von einer constanten Ursache, dem Wechsel des Leiters, und einer veränderlichen Ursache, der Länge der flüssigen Bahn, so mufs der Einflufs dieser zweiten Ursache weit weniger merklich seyn, als wenn es sich von abwechselnden Strömen handelt, wo sie allein ihre Wirkung ausüben kann.

I. Vom Einflufs, welchen die abwechselnden Ströme bei ihrem Uebergang aus einem starren in einen flüssigen Leiter erfahren.

Die folgenden Versuche wurden angestellt mit der schon erwähnten constanten Batterie von 10 Elementen, deren Strom nach Belieben stätig oder abwechselnd

gemacht werden konnte. Ein Glastrog, 15 Centim. lang, 3 Centim. breit und 2 Centim. tief, wurde mit der leitenden Flüssigkeit gefüllt, und diese durch zwei an den Enden des Troges eingetauchte Platinplatten in die Kette gebracht. Endlich konnte man die den Trog füllende Flüssigkeit in zwei, drei oder vier Zellen theilen, mittelst einer, zwei oder drei metallener Scheidewände, die so eingesetzt wurden, dafs sie zwischen den so getrennten Zellen alle Gemeinschaft durch die Flüssigkeit hin aufhoben. Der dünne Draht des Thermoskops war mit in der Kette. Da es sich nur um vergleichende Wirkungen handelt, so werde ich nur die Höhe der Flüssigkeit in der Röhre des Thermoskops in Millimetern angeben, ohne daraus für jeden Fall die absolute Temperatur abzuleiten.[1]).

Trog voll Schwefelsäure, verdünnt mit dem 9fachen Volume Wasser:

Scheidewände von Platin.

			Höhe der Flüssigk. in Millim.	
Anhaltend. Strom	ohne Scheidewand		48	Unterschied
dito	dito	mit 1 Platinwand	68	20
Abwechselnd. Strom	ohne Scheidewand		48	Unterschied
dito	dito	mit 1 Platinwand	54	6

Zufolge einer grofsen Anzahl ähnlicher Versuche zeigte beständig die Gegenwart der Platinwand, bei continuirlichem Strom, eine Erkaltung, entsprechend einem Höhenunterschied von 20 Millim. in der Flüssigkeit des Thermoskops, und bei abwechselndem Strom, nur einen von 6 Millimeter:

1) Vermuthlich war auch die Zeit der Durchleitung des Stroms bei allen diesen Versuchen gleich. *P.*

Scheidewände von Kupfer.

	Höhe der Flüssigk. in Millim.	
nhaltender Strom ohne Wand	129	Unterschied 15
dito dito mit 1 dito	133	
dito dito mit 2 dito	137	
dito dito mit 3 dito	144	
bwechselnd. Strom ohne Wand	115	Unterschied 4
dito dito mit 3 Wänden	119	

Bei einem andern Versuch:

nhaltender Strom ohne Wand	133	Unterschied 11
dito dito mit 3 Wänden	144	
bwechselnder Strom ohne Wand	126	Unterschied 2
dito dito mit 3 Wänden	128	

Nach mehren Versuchen fand, wenn der Strom ab-
echselnd war, kein merklicher Unterschied in der Höhe
er thermoskopischen Flüssigkeit mehr statt, es mochten
ie drei Kupferwände eingeschaltet seyn oder nicht. Beim
ɔntinuirlichen Strom gab es immer einen von 11 bis
3 Millimeter.

Der mit der Flüssigkeit in Berührung stehende Theil
er Kupferwände hatte, in Folge der erlittenen Reihe
ɔn Oxydationen und Reductionen, ein pulverförmiges,
ıthliches Ansehen angenommen.

Scheidewände von Zinn.

	Höhe der Flüssigk. in Millim.	
nhaltender Strom ohne Wand	115	Unterschied 12
dito dito mit 1 dito	119	
dito dito mit 2 dito	124	
dito dito mit 3 dito	127	
bwechselnder Strom ohne Wand	106	Unterschied 0
dito dito mit 1, 2, 3 Wänd.	106	

Eine Scheidewand von *Kadmium* bewirkte in der
ıtensität des abwechselnden Stroms keine Aenderung.

in der des continuirlichen Stroms einen Unterschied von 3 Millimetern.

Ich gebrauchte Wände von *Zink;* allein die bedeutende Gasentwicklung, die an ihren beiden Seiten stattfindet, beim abwechselnden wie beim continuirlichen Strom, macht die Beobachtungen wenig sicher. Jedoch schien mir ihre Wirkung der der Kadmiumwände gleich zu seyn.

Eine *Bleiwand* zeigte eine eigenthümliche Erscheinung. — Beim continuirlichen Strom hob sie die thermoskopische Flüssigkeit um 13 Millim., fast eben so viel wie eine Platinwand. Beim abwechselnden Strom zeigte sich ihre auffangende Wirkung nicht verringert, vielmehr verstärkt, denn statt 13 Millim., hob sie die thermoskopische Flüssigkeit 26 Millim. Dieser merkwürdige Unterschied, den die Bleiwand in Vergleich zu andern Wänden zeigte, rührt wohl von der Bildung einer weifslichen Schicht her, welche bei Anwendung des continuirlichen Stroms nicht an der Seite entsteht, an welcher sich Sauerstoff entwickelt, bei Anwendung der abwechselnden Ströme aber an beiden Seiten gebildet wird. Diese weifsliche Schicht erschwert den Durchgang des Stroms, im ersteren Fall, blofs an einer Seite, im letzteren an beiden. Deshalb hat man anfangs eine Schwächung der Intensität, entsprechend 13 Millimeter und darauf eine von 26 Millim. Diese Schicht scheint Bleioxyd oder Suboxyd zu seyn, und nicht Sulfat; denn sie bildet sich auch, wenn man die mit dem 9fachen Volume Wasser verdünnte Schwefelsäure durch Salpetersäure, verdünnt blofs mit gleichem Volume Wasser, anwendet.

Die Erscheinung bei der Bleiwand scheint zu beweisen, dafs das Bleioxyd nicht wie andere Oxyde durch eben entstehendes Wasserstoffgas reducirbar ist. Diefs macht, dafs es bei dem abwechselnden Strom verbleibt, während die Oberfläche anderer Metalle durch den unmittelbar auf den Sauerstoff folgenden Wasserstoff reducirt wird, und das schon oft erwähnte pulverförmige

Ansehen darbietet. Wir werden weiterhin auf diese Eigenthümlichkeit des Bleis zurückkommen.

Ich habe noch einige ähnliche Versuche gemacht, indem ich auch bei anderen Scheidewänden die verdünnte Schwefelsäure durch eine mit gleichem Volume Wasser gemengte Salpetersäure ersetzte. Die Resultate waren dieselben; allein die lebhafte chemische Action, die in den meisten Fällen statt hatte, machte die Beobachtungen weniger leicht und gut. Die Platinwände zeigten mit den continuirlichen Strömen eine Erscheinung, die ich erwarten mufste, da ich sie früher beobachtet hatte [1]). Anfangs, wenn man sie alle drei gebrauchte, schwächten sie die Intensität des durchgehenden Stroms merklich, da sie die thermoskopische Flüssigkeit wieder um etwa 40 Millim. steigen machten; darauf sank diese Flüssigkeit plötzlich wieder, erstlich um 5, dann um 10 und endlich um 15 Millim., so dafs in der That die Wirkung der drei Wände nicht mehr als 25 Millim. betrug; allein alsdann zeigte sich an den negativen Seiten der Wände keine Gasentwicklung mehr; und statt des im ersten Augenblick entwickelten Wasserstoffs erschien salpetrige Säure, und machte somit den Durchgang des Stromes leichter. Ersetzte man nun den continuirlichen Strom durch den abwechselnden, so sah man im ersten Moment die thermoskopische Flüssigkeit wieder steigen, eine Anzeige, dafs der Durchgang weniger leicht war; allein nach und nach fiel die Flüssigkeit wiederum, und endlich blieb sie bei etwa 15 bis 20 Millim. stehen.

So also war die Wirkung der Scheidewände, bei den abwechselnden Strömen, deutlicher mit dem Gemisch aus gleichen Theilen Salpetersäure und Wasser als mit der verdünnten Schwefelsäure. Es folgt mithin aus obigen Versuchen, dafs die auffangende Wirkung der Metallwände oder allgemein die Intensitäts-Schwächung, welche die bewegte Elektricität bei ihrem Uebergang aus

1) *Ann. de phys. et de chim. T. XXXVII p.* 251.

einem flüssigen Leiter in einen metallischen erleidet von den Hindernissen herrührt, welche die Bildung von Niederschlägen auf die Metallflächen, an denen die Zersetzungsproducte sich entwickeln, diesem Uebergange entgegensetzt. Es ist besonders die Oxydation der Oberfläche, welche das gröfste Hindernifs bildet. So wie sich das Oxyd leicht in der Flüssigkeit löst, was bei Scheidewänden von Zink, Kadmium u. s. w. der Fall ist, wird auch das Hindernifs zum Uebergang fast Null. Wenn es durch Anwendung der abwechselnden Ströme verschwindet, wird der Durchgang ebenfalls sehr leicht. Diefs geschieht z. B. beim Platin, dessen Oberfläche, welche, wenn sie der Sitz der Sauerstoffentwicklung ist, sich oxydirt und demnach den Strom schwierig durchläfst, während sie ihm einen leichten Durchgang gestattet, so wie sie reducirt wird durch die Entwicklung des Wasserstoffs, welcher bei Anwendung der abwechselnden Ströme dem Sauerstoff unmittelbar folgt.

Die eben gegebene Erklärung von der Wirkung der metallenen Scheidewände findet sich in Betreff des Platins noch bestätigt, wenn man statt der verdünnten Schwefelsäure eine Lösung von Salmiak als flüssigen Leiter anwendet. Die abwechselnde Wirkung des Chlors und des Wasserstoffs ist eine solche, dafs der Strom sehr leicht durchgeht. So änderte eine Platinwand die Höhe der thermoskopischen Flüssigkeit nur um 2 Millimeter.

Endlich habe ich dieselben Versuche noch mit den abwechselnden (magneto-elektrischen) Strömen des Clarke'schen Apparats wiederholt, und dabei noch auffallendere Resultate erhalten. Indem ich den Platinwänden eine grofse Oberfläche gab und die abwechselnden Ströme mit sehr grofser Schnelligkeit auf einander folgen liefs, ist es mir gelungen die auffangende Wirkung selbst der Platinwände ganz zu vernichten.

Zu dem Ende bediene ich mich einer 12 Centimet. weiten Platinschale, fülle sie mit gesäuertem Wasser und

tauche in dieses eine Platinscheibe von 5 Centim. Durchmesser. Die abwechselnden Ströme durchlaufen diesen Apparat und das Wärme-Galvanometer. Zwischen diese Scheibe und die Platinschale schalte ich eine Schale von geringerem Durchmesser ein, bald von Silber oder Kupfer. Zwar bemerke ich bei Einschaltung der Platinschale eine geringe Intensitäts-Schwächung, indem die thermoskopische Flüssigkeit um 1 oder 2 Millim. steigt; wenn jedoch die Ströme lange Zeit durchgegangen sind, und die beiden Oberflächen der eingeschalteten Platinschale demgemäfs eine gröfsere Leichtigkeit zur Oxydation und Reduction erlangt haben, wird zuletzt die Temperatur des Thermoskops durch die Gegenwart dieser Schale nicht mehr abgeändert. Schaltet man die Silber- oder Kupferschale ein, so bleibt sie vom Anfange an stationär. Sollen übrigens diese Versuche gelingen, so mufs man den Clarke'schen Apparat mit grofser Schnelligkeit drehen, so dafs wenigstens 40 Abwechslungen auf die Secunde kommen. Sobald die Aufeinanderfolge dieser Ströme weniger rasch wird, beginnt, selbst in diesem Fall, die Wirkung der Scheidewände wiederum hervorzutreten.

Aus Vorstehendem folgt, dafs, wie ich schon im ersten Theil dieser Abhandlung bemerkt habe, die Meinungsverschiedenheit, die zwischen Hrn. Lenz und mir in Betreff des Einflusses der Scheidewände vorhanden ist, davon herrührt, dafs dieser Physiker mit instantanen und stets in gleichem Sinn gerichteten Strömen arbeitete. Hätte er sich der abwechselnden Ströme bedient, so würde er nicht die Richtigkeit meiner ersten Versuche bestritten haben, eine Richtigkeit, die durch die eben angeführten neuen Versuche vollkommen bestätigt wird.

Aus den in diesem Paragraph enthaltenen Versuchen kann man schliefsen:

1) Dafs die Wirkung metallener Scheidewände auf den Durchgang der Elektricität durch flüssige Leiter Null

oder fast Null wird, wenn die elektrischen Ströme, statt continuirlich zu seyn, abwechselnd sind und einander sehr rasch folgen, und die Berührungsfläche zwischen der Flüssigkeit und dem starren Leiter eine grofse Ausdehnung hat.

2) Dafs diese Wirkungslosigkeit davon herrührt, dafs sich, bei den abwechselnden Strömen, durch die Zersetzung der Flüssigkeit weder ein Niederschlag noch eine neue Verbindung an den die Ströme in die Flüssigkeit leitenden Metallflächen bilden kann, weil diese Flächen abwechselnd entgegengesetzte Elemente empfangen, und daher die Wirkung der einen sogleich durch die der andern aufgehoben wird. Und wenn diese Neutralisation nicht stattfinden kann, wie beim Blei, wird der auffangende Einflufs der Scheidewände sehr bedeutend.

3) Dafs der Widerstand, welchen die continuirlichen Ströme beim Uebergang aus einem starren in einen flüssigen und umgekehrt erleiden, durch Bildung von Niederschlägen und neuen Verbindungen aus der zersetzten Flüssigkeit an der Oberfläche des starren Leiters entsteht. Diefs beweist schon die Thatsache, dafs, selbst bei diesen Strömen, die starren Leiter, deren Oxyde löslich sind, und deren Oberfläche von allem Niederschlage frei bleibt, den Durchgang der Elektricität viel leichter machen.

4) Dafs die Idee, welche ich selbst i. J. 1825 ausgesprochen hatte [1]), die Wirkung der Scheidewände auf die in einer Flüssigkeit sich bewegende Elektricität zu vergleichen mit der Wirkung der Schirme auf das Licht und die strahlende Wärme, aufgegeben werden mufs; dafs diese Wirkung bei der Elektricität nur ein Phänomen der Leitungsfähigkeit ist, bei der strahlenden Wärme dagegen, wie es die schönen Versuche des Hrn. Melloni gezeigt haben, mit der Natur dieses Agens im innigen Zusammenhange steht.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XXVIII p.* 213.

II. Von einer Art Interferenz, welche, bei instantanen Strömen, aus der gleichzeitigen Anwendung eines flüssigen und starren Leiters entsteht.

Im ersten Theil dieser Abhandlung §. VI habe ich an das Phänomen erinnert, um das es hier sich handelt; ich habe die wahrscheinliche Ursache angegeben, warum Hrn. Lenz es nicht gelang, dasselbe hervorzubringen. Ich will es abermals studiren, seine Wirklichkeit durch neue Versuche bestätigen, und zeigen, dafs es eine Folge der verschiedenen Wirkungen ist, zu welchen die Anwendung abwechselnder Ströme Anlafs giebt.

Ich will zunächst beschreiben, wie ich das Fundamentalphänomen erhielt und worin es besteht.

Eine Platinschale von 12 Centim. Durchmesser enthält verdünnte Säure, z. B. ein Gemisch von 9 Vol. Wasser mit 1 Vol. Schwefelsäure. Eine Platinkugel von 1 Centim. Durchmesser oder eine Platinschale von 5 Centim. Durchmesser taucht in die Flüssigkeit, und zwar so, dafs sie die Schale nicht berührt, ihr aber doch möglichst nahe ist. Diefs System von Leitern bringt man in die Kette der magneto-elektrischen Maschine von Clarke, die abwechselnde Ströme liefert; in derselben Kette befindet sich auch der dünne Draht des Wärmegalvanometers. Man setzt die Maschine in Umlauf, so dafs sie 25 bis 30 abwechselnde Ströme in der Secunde giebt. Sogleich sieht man die thermoskopische Flüssigkeit rasch herabsinken. Man wartet bis sie still steht; diefs geschieht erst nach einer gewissen Zeit, nämlich, wenn die beiden Metallflächen, welche die Ströme in die Flüssigkeit leiten, kein Gas mehr entweichen lassen. Alsdann verbindet man die Schale mit der Kugel oder Scheibe durch einen Metalldraht. Wenn der Leiter dick und kurz ist, sieht man die thermoskopische Flüssigkeit, welche etwa 25 Centim. gesunken war, noch 5 bis 10 Millimeter sinken. Ist er aber dünn und lang, so sieht man im Gegentheil dieselbe Flüssigkeit 25, und selbst 30 bis

35 Millimeter steigen. Diefs beweist, dafs, im ersten Fall, der Zusatz des Leiters die Intensität des Stroms, der die ganze Kette durchläuft, erhöht, im zweiten dagegen geschwächt hat. Endlich, wenn man einen sehr dünnen und sehr langen Draht zur Verbindung der Schale mit der Kugel oder Scheibe anwendet, gewahrt man keine Bewegung mehr an jener Flüssigkeit und diefs beweist, dafs der Zusatz dieses Leiters nichts an der Intensität des durchgelassenen Stroms geändert hat.

Ich habe diesen Versuch sehr oft und immer mit demselben Erfolg angestellt, auch mehren Personen gezeigt, die alle die Richtigkeit desselben bezeugt haben [1]). Ich habe ihn mit verdünnter Schwefelsäure, verdünnter Salpetersäure und Salpetersäure von 40° Concentration angestellt; die Flüssigkeit mufs gut leiten und folglich recht sauer seyn. — Anlangend die relativen Längen der Metalldrähte, welche bei Verbindung der Schale mit der Scheibe oder Kugel, bald eine Verstärkung, bald eine Verringerung der Stromstärke geben, bald sie ungeändert lassen, so hängt sie, unter gleichen Umständen, von der Dicke und Natur dieser Drähte ab, oder anders gesagt, von deren Leitungsfähigkeit. Ich mufs noch hinzufügen, dafs ich mit irgend einem Draht, wenn ich ihm irgend eine Länge gab, niemals ein anderes Resultat als die drei angegebenen erhalten habe, nämlich Verstärkung, Schwächung oder keine Veränderung.

Um das Phänomen gehörig zu analysiren, begann ich damit, die zu seiner Entstehung nöthigen Bedingungen aufzusuchen. Ich habe deren wesentlich zwei gefunden. Die erste: dafs die Platinflächen, welche die Ströme in die Flüssigkeit leiten, beide so grofs seyen, dafs sie kein Gas entwickeln, folglich die Wiederver-

1) Die HH. Marcet, Colladon, Melly und Süskind, welche mich gütigst bei mehren meiner Versuche unterstützten und mir oft nützliche Ideen angaben, waren mehrmals Zeugen des erwähnten Versuchs.

einigung der beiden successiv zu beiden Flächen gelangenden Gase vollständig sey. Als ich versuchte, die Platinkugel oder -Scheibe zu ersetzen durch einen Platindraht von 1 Millim. Durchmesser, der 10 bis 15 Millimeter tief in die Flüssigkeit eintauchte, war von dem zuvor beschriebenen Phänomen nicht das Geringste mehr zu sehen. Freilich fand am Draht eine ziemlich reichliche Gasentwicklung statt, und die Flüssigkeit des Thermoskops fiel nur 20 Centim., statt sie zuvor 25 gefallen war. Als ich Schale und Draht durch denselben Draht verband, welcher zuvor die thermoskopische Flüssigkeit steigen machte, fiel sie im Gegentheil, und zugleich hörte die Gasentwicklung am Platindraht auf; sobald ich die metallene Verbindung unterbrach, begann sie und das Steigen der thermoskopischen Flüssigkeit abermals. Offenbar war bei diesem Versuch der Metalldraht ein besserer Leiter als das System des flüssigen und starren Leiters, welches, neben ihm, sich in der Kette befand; davon konnte man sich auch anderswie überzeugen. Soll also das uns beschäftigende Phänomen zum Vorschein kommen, so müssen die mit der Flüssigkeit in Berührung stehenden Metallflächen recht grofs seyn, und die Flüssigkeit recht gut leiten, damit die Gesammtheit derselben besser leite als der Metalldraht, dessen man sich zur Verbindung beider Flächen bedient.

Eine zweite Bedingung, die mir gleichfalls nothwendig erschien, ist: dafs die beiden Metallflächen, obwohl von gleichem Metall, nicht identisch seyen. Es mufs, wie in den obigen Versuchen, die eine gröfser als die andere seyn. Es ist auch vortheilhaft, dafs die eine länger als die andere gebraucht worden sey, und folglich nicht gleiche Politur habe als sie. So gelangte ich sehr wohl zum Ziel, wenn ich eine 3 bis 4 Millimet. dicke Schicht Salpetersäure, concentrirte oder verdünnte, oder Schwefelsäure zwischen zwei Platinschalen brachte, so dafs also die eine mit ihrer inneren, die andere mit ihrer

äufseren Fläche die Säure berührte. Diese beiden Flächen hatten fast gleiche Gröfse, aber die eine war matt und sah, da sie schon mehrmals zur Leitung der abwechselnden Ströme gedient hatte, an mehren Stellen pulverförmig aus, während die andere Glanz und Politur besafs. Mit diesem System von Leitern erhielt ich, als ich beide Platinschalen durch einen hinlänglich langen Draht verband, eine Erkältung des Thermoskops, bei welcher die Flüssigkeit um 15 bis 20 Millim. stieg. Dagegen erhielt ich mit zwei Platinplatten, jede von 25 bis 30 Quadratcentimeter, so eingetaucht in die Flüssigkeit, dafs sie von dieser eine an Dicke und Gröfse gleiche Schicht, wie vorhin die beiden Schalen zwischen sich fafsten, nur ein Steigen der thermoskopischen Flüssigkeit von 5 bis 7 Millim., unter denselben Umständen, unter denen ich mit den beiden Schalen eins von 15 bis 20 erhalten hatte. Zu bemerken ist, dafs beide Platten sorgfältig blank gemacht waren und fast identisch zu seyn schienen.

Nachdem ich durch viele Versuche zur Einsicht der Nothwendigkeit dieser beiden Bedingungen gelangt, fiel mir bei, dafs die Art von Interferenz, welche ich beobachtet hatte und auf's Neue bestätigte, wohl herrühren möchte von einem hydro-elektrischen Strome, der zwischen den beiden, die Flüssigkeit berührenden Platinflächen aufträte und den Durchgang der magneto-elektrischen Ströme erschwerte.

Die magneto-elektrischen Ströme durchlaufen das aus den beiden Platinflächen und der Flüssigkeit gebildete System von Leitern ohne Schwierigkeit, d. h. finden in diesem Theile ihrer Kette kein Hindernifs für ihren Durchgang oder vielmehr ein geringeres als in jedem andern. Diefs ist die erste Bedingung zum Auftreten der Erscheinung. Verbindet man die beiden Platinflächen durch einen Metalldraht, so verstärkt man die Intensität der durchgelassenen Ströme nicht merklich, we-

nigstens wenn der Draht nicht sehr dick und kurz ist. In diesem Fall sieht man die Intensität zuweilen ein wenig steigen. Nur die magneto-elektrischen Ströme können sich zwischen dem aus flüssigen und metallischen Leitern zusammengesetzten System und dem Metalldraht theilen, und gehen nicht bloſs durch das erstere. Sie gelangen also zu dem in der Kette befindlichen Draht des Thermoskops auf zwei Wegen, statt auf einem einzigen. Verlängert man aber den Metalldraht, so daſs man ihn für die abwechselnden Ströme weniger gut leitend macht als das unverändert gebliebene System von flüssigen und starren Leitern, was, wie der beschriebene Versuch beweist, leicht zu erreichen ist, so gehen diese Ströme fast nicht mehr durch ihn, sondern gänzlich durch jenes System [1]). Allein dann dient jener Metalldraht, indem er die zwei Platinflächen verbindet, die in jedem Augenblick, vermöge ihrer successiven Oxydation und Reduction, eine doppelte chemische Action erleiden, zur Schlieſsung einer hydro-elektrischen Kette, und muſs also beständig von den Strömen durchlaufen werden, die aus diesen chemischen Actionen entspringen. Diese Ströme müssen abwechselnd seyn, wie die sie erregenden chemischen Actionen; allein sie werden nur gleich seyn, wenn die Platten vollkommen homogen sind. In dem Fall, der uns beschäftigt, ist nun diese Homogenität nicht vorhanden, weil die Nicht-Identität der Platten die zweite wesentliche Bedingung zum Auftreten der bezeichneten Art von Interferenz ist. Von da an findet zwischen den beiden Platinplatten ein hydro-elektrischer Strom statt,

1) Zu bemerken ist, daſs die abwechselnden magneto-elektrischen Ströme, welche in einer ganz metallischen Kette herumlaufen, weit mehr als die Volta'schen Ströme durch die Einschaltung eines unvollkommenen Leiters afficirt werden. Es ist daher nicht wunderbar, daſs sie es vorziehen fast ganz den Weg des gemischten Leiters einzuschlagen als den für sie weniger leitenden des langen Metalldrahts.

und dieser Strom mufs auf der Oberfläche dieser Platten jene dünnen Niederschläge bewirken (dieselben, welche zu den secundären Strömen Anlafs geben), welche den Durchgang der Ströme erschweren.

So gehen dann die magneto-elektrischen Ströme weniger leicht durch, und zeigen am Wärmegalvanometer eine geringere Intensität an, wenn die beiden Platinflächen durch einen Metalldraht vereinigt sind, weil die Gegenwart dieses Drahts das Aufkommen eines hydroelektrischen Stroms zwischen diesen Flächen durch die Flüssigkeit hin gestattet, und dieser Strom auf diesen Flächen Abänderungen veranlafst, die eine Ursache zum Widerstande für die Hauptströme sind.

Die Prüfung der Thatsachen scheint diese Erklärung vollständig zu erklären. Um sich davon zu versichern, braucht man nur die beiden Platinflächen durch den Draht eines mäfsig empfindlichen magnetischen Galvanometers zu verbinden. Der Zusatz dieses Drahts machte die Flüssigkeit des Thermoskops, dessen Draht in die allgemeine Kette eingeschaltet war, sogleich um 30 Millimeter steigen, und zugleich zeigte die Nadel des Galvanometers einen starken Strom an. Dieser Strom hatte bald die eine, bald die andere Richtung, war aber immer in der einen Richtung stärker als in der andern. Man könnte glauben, dieser Strom wäre ein abgeleiteter, vom Clarke'schen Apparat herstammender, der sich zwischen den beiden Systemen, dem aus festen und flüssigen Leitern gemischten, und dem ganz metallenen, d. h. dem Galvanometerdraht, theilte. Was aber beweist, dafs dem nicht so ist, und der besagte Strom in der That einen hydro-elektrischen Ursprung hat, ist: dafs wenn man die beiden Platinflächen metallisch verbindet, statt eine Flüssigkeit zwischen ihnen zu lassen, der in Rede stehende Strom nicht mehr den Galvanometerdraht durchläuft, obgleich die beiden metallisch verbundenen Platinplatten die magneto-elektrischen Ströme nicht besser lei-

teten wie wenn die flüssige Schicht zwischen ihnen war, wie aus den Anzeigen des immer in der allgemeinen Kette befindlichen Wärme-Galvanometers hervorgeht.

Andererseits verband ich die beiden Platinflächen durch die successiven Drähte zweier Galvanometer. Der eine der Drähte war sehr lang und sehr dünn. An keinem der beiden Galvanometer hatte ich einen merklichen Strom, die Nadeln wichen kaum um 2 bis 3 Grad ab, und das in die allgemeine Kette der magneto-elektrischen Ströme gebrachte Thermoskop wurde durch Hinzufügung dieses Leiters gar nicht afficirt. Wahrscheinlich rührte dieser Umstand, den ich schon durch Anwendung eines anderen sehr langen und sehr dünnen Drahts statt den des Galvanometers bestätigt hatte, davon her, daſs ein solcher Draht ein zu unvollkommener Leiter ist, um den hydro-elektrischen Strom leiten zu können, der von den chemischen Actionen an den Platinflächen entsteht.

Ich ersetzte den Metalldraht, der zur Verbindung der beiden Platinflächen diente, durch eine kleine Säule von 4 Elementen, um, mittelst des Stroms derselben, an diesen Flächen direct die Niederschläge zu bemerken, denen ich den Widerstand für die magneto-elektrischen Ströme zuschreibe. In der That ward die Intensität dieser Ströme auch sogleich geschwächt, und die Flüssigkeit des Thermoskops stieg um 10 bis 15 Millimet. Ersetzte ich die kleine Säule durch zwei, sehr nahe an einander in verdünnte Säure getauchte Platinplatten, und wandte ich diesen gemischten Leiter zur Verbindung der beiden Platinflächen an, so erhielt ich keine Schwächung der Intensität der magneto-elektrischen Ströme, sondern vielmehr eine Verstärkung derselben, sobald der Zusatz dieses Leiters einen Effect hervorbrachte, — aus dem Grunde, weil hier kein hydro-elektrischer Strom irgend einer Art stattfand, folglich sich auch kein Niederschlag irgend einer Art bilden konnte.

Schlieſslich füge ich noch hinzu, daſs die Ströme ei-

ner constanten Säule, nachdem sie durch einen Commutator abwechselnd gemacht worden, mir nicht wie die elektro-magnetischen Ströme die beschriebenen Erscheinungen gezeigt haben; wenigstens habe ich sie bisher nicht erhalten können. Ich schreibe diefs negative Resultat dem Umstand zu, dafs die Säule ein weit unvollkommener Leiter ist als der Metalldraht, in welchem die magneto-elektrischen Ströme erregt werden. Daraus fliefsen zwei Folgerungen. Erstlich, dafs die Widerstandsursache, welche aus der Bildung von Ablagerungen an den Oberflächen entspringt, weit weniger wirksam seyn mufs; und zweitens, dafs der Zusatz des Metalldrahts, der den Strom zwischen beiden Platinflächen bedingt, zugleich den Durchgang der abwechselnden Ströme erleichtern mufs, welche die Säule liefert, und die eine unerschöpfliche Quelle derselben ist, desto mehr, je besser und zahlreicher die ihre Pole verbindenden Leiter sind. Von da an mufs das Wärme-Galvanometer eher eine Verstärkung als eine Schwächung in der Intensität der die gesammte Kette durchlaufenden Ströme anzeigen. Diefs ist aber genau der Fall.

Zusammengefafst, wenn die abwechselnden Ströme eine Kette durchlaufen, in welcher sich zwei nahe bei einander in verdünnte Säure eingetauchte Platinplatten befinden, so zeigt die Erwärmung des dünnen Platindrahts, der in die Kette eingeschaltet ist, eine Abnahme der Intensität dieser Ströme an, wenn man die beiden Platten durch einen Metalldraht verbindet, der weniger gut leitet als die flüssige Schicht, aber doch so gut, dafs er die Bildung einer Kette gestattet. Um dieses zu erreichen müssen die beiden Platten so grofs seyn, dafs sie von den abwechselnden Strömen ohne Gasentwicklung durchlaufen werden, auch müssen sie nicht identisch seyn, damit die Bildung eines hydro-elektrischen Stromes möglich sey. Der Absatz, den dieser Strom an den Platinflächen bedingt, scheint eine Widerstandsursache für den Durch-

Durchgang der abwechselnden Ströme zu seyn. Diesem Absatz kann man die Schwächung zuschreiben, welche diese Ströme erleiden, im Moment wo man die beiden Flächen durch einen Metalldraht verbindet.

III. Chemische Wirkungen, welche erfolgen, wenn abwechselnde Ströme mittelst zweier homogenen Metalldrähte durch eine saure Flüssigkeit gehen.

Zuvörderst habe ich mich versichert, dafs man alle chemischen Erscheinungen, die ich durch magneto-elektrische Ströme hervorgebracht hatte, auch durch den mittelst eines Commutators abwechselnd gemachten Strom einer Säule hervorbringen kann [1]). — So erhalten nicht nur Drähte, sondern auch Platten von Platin sehr bald eine pulverige Oberfläche, wenn sie den abwechselnden Strom einer Säule von 10 Elementen einige Minuten lang in eine saure Lösung geleitet haben. Nachdem ich mich von dieser Identität zwischen den Wirkungen dieser letzten Ströme und der magneto-elektrischen Ströme überzeugt hatte, gab ich diesen den Vorzug bei den folgenden Versuchen. Bei diesen Strömen hatte ich mehr Bürgschaft, dafs sie immer gleiche Intensität besafsen, sobald ich nur die Clarke'sche Maschine stets mit gleicher Geschwindigkeit drehte. Als Wärme-Galvanometer wandte ich auch das Breguet'sche Thermometer an, dessen Angaben unter sich vergleichbarer sind als die anderer Apparate. Ich habe auch vorhin den Gebrauch desselben gerechtfertigt, theils durch Räsonnement, theils durch den Nachweis, dafs die Resultate, welche es giebt, immer

1) Wie sich voraussehen liefs (s. Ann. Bd. XXXXV S. 410). — Indefs findet doch eine Verschiedenheit zwischen den abwechselnden Strömen beider Klassen statt, in sofern nämlich bei den hydro-elektrischen die Schnelligkeit der Umkehrung des Stromes keinen (oder wenigstens keinen verstärkenden) Einflufs auf die elektromotorische Kraft ausübt, die Kraft der magneto-elektrischen aber wesentlich von dieser *Geschwindigkeit* abhängt. P.

mit denen übereinstimmen, welche die Erwärmung eines Platindrahts in der Kugel eines Luft-Thermoskops liefert.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Resultate über, die ich bei Anwendung zweier homogenen Drähte, bald von dieser, bald von jener Natur, erhielt.

Die beiden zur Leitung der Ströme in die Flüssigkeit dienenden Drähte gingen aufrecht durch zwei Löcher in dem Boden eines Glases, welches mit Flüssigkeit gefüllt wurde. Sie waren 4 Centiment. lang und standen 1 Centimet. auseinander. Man brachte folgweise Drähte von verschiedener Natur hinein, und wandte bei jeder Art bald verdünnte Schwefelsäure, bald Salpetersäure an. Jede Flüssigkeit enthielt ein Zehntel ihres Volums Säure. Die Feder des Breguet'schen Thermometers war in der Kette und ein graduirtes Eudiometer nahm die Gase beider Drähte auf, so dafs man sie ihrem Volumen nach leicht bestimmen und hierauf verpuffen konnte.

Zwei Platindrähte in verdünnter Salpetersäure gaben fort und fort geringere Gasmengen. In den ersten 5 Minuten erschienen 1,5 Kub. Zoll und das Wärme-Galvanometer zeigte 20°. Nach 20 Minuten erschienen in 5 Minuten nur 0,7 K. Z. und am Wärme-Galvanometer 33°. Nach 40 Minuten entwickelten sich in 5 Minuten nur 0,05 K. Z. und bald hörte die Gasentwicklung gänzlich auf. Das Wärme-Galvanometer zeigte nun 35° und die Platindrähte waren gänzlich mit dem schwarzen Pulver von zertheiltem Platin bekleidet. Man verpuffte das Gemenge mehrmals, und fand zuletzt einen Rückstand von 0,65 K.Z. auf im Ganzen erhaltene 7 K.Z. Gas. Diese nicht verschwundenen 0,65 K.Z., welche also ein Zehntel des Ganzen ausmachten, enthielten 0,50 Sauerstoff und 0,15 Stickgas, aber nicht ein Atom Wasserstoff. Wahrscheinlich rührte der Sauerstoff davon her, dafs das Platin, vor allem als feines Pulver, sich in der verdünnten Salpetersäure etwas löst, und der Wasser-

stoff des von den Strömen zersetzten Wassers zum Theil zur Reduction dieses Oxydes verwandt wird, wodurch dann das Gasgemenge etwas mehr Sauerstoff enthält als zur Wasserbildung erforderlich ist. Was den Sauerstoff betrifft, so rührt er wohl daher, dafs immer ein Theil der mit dem Wasser gemischten Salpetersäure zersetzt wird oder dafs vielleicht Luft dem Wasser beigemengt war.

Derselbe Versuch wurde nun auch mit verdünnter Schwefelsäure angestellt. Das in 5 Minuten entwickelte Gasvolum betrug anfangs 1,4 K.Z., nach 40 Minuten aber nur 0,5, darauf ward es ganz Null. Das Wärme-Galvanometer zeigte dann 50°. Der Gasrückstand bei successiven Detonationen betrug nur 0,3 K.Z., wovon etwa 0,15 Wasserstoff und das Uebrige Stickstoff war. Diefs Resultat beweist, dafs die Platindrähte sich auf Kosten eines Theils von dem Sauerstoff des zersetzten Wassers oxydiren, und daraus erklärt sich der Ueberschufs an Wasserstoff. Was den Stickstoff betrifft, so rührt er wahrscheinlich von der Luft her, die nothwendig in der Flüssigkeit enthalten ist.

Golddrähte, statt der Platindrähte genommen, gaben analoge Resultate. Die Unterschiede waren folgende. In verdünnter Salpetersäure nahm die Gasentwicklung nicht so rasch ab wie bei den Platindrähten. In den ersten 5 Minuten betrug sie 1,4 K.Z. und das Wärme-Galvanometer zeigte 21°; nach 40 Minuten betrug sie nur 0,9 K.Z. und die Wärme 27°. Bei längerer Fortsetzung des Versuchs zeigte sich keine weitere Abnahme der Gasentwicklung und kein weiteres Steigen des Wärme-Galvanometers. Bei folgweiser Verpuffung des Gasgemenges blieben 0,4 K.Z. zurück, wovon 0,2 Sauerstoff und das Uebrige Stickstoff war. Dieser Rückstand vermehrte sich nicht bei längerer Dauer des Versuchs. Diefs zeigt wohl, dafs der Rückstand, was den Stickstoff betrifft, von der der Flüssigkeit beigemengten Luft herrührte, und, *was den Sauerstoff* anlangt, davon, dafs ein Theil

vom Wasserstoff des zersetzten Wassers zur Desoxydation der wahrscheinlich schon zu Anfange des Versuchs schwach oxydirten Drähte angewandt ward.

In verdünnter Schwefelsäure waren bei den Golddrähten die Resultate denen bei den Platindrähten weit ähnlicher. So war die Gasentwicklung, die in den ersten 5 Minuten 1,1 K.Z. betrug, nach 40 Minuten fast Null. Das Wärme-Galvanometer zeigte dann 44°. Der Rückstand von der Verpuffung war 0,22 K.Z. wovon 0,16 Wasserstoff und 0,6 Stickstoff.

Zwei Silberdrähte, auf ähnliche Weise in verdünnter Schwefelsäure angewandt, entwickelten keine merkliche Gasmenge. Das Wärme-Galvanometer dagegen zeigte beständig 50°.

Zwei Kupferdrähte gaben unter denselben Umständen intermittirend eine Gasentwicklung, und das Wärme-Galvanometer zeigte 43° bis 46°, je nachdem mehr oder weniger Gas entwickelt ward. Die entwickelte Gasmenge war indefs zu gering, um zerlegt werden zu können; wahrscheinlich war es reiner Wasserstoff, da der Sauerstoff zur Oxydation des im gesäuerten Wasser sich lösenden Kupfers verwandt wurde. Die Drähte selbst schienen, nach ihrer Farbe zu urtheilen, auf ihrer Oberfläche schwach oxydirt.

Uebrigens zeigten Kupfer- und Silberdrähte, nachdem die magneto elektrischen Ströme eine Zeit lang durchgegangen waren, eine pulverförmige Oberfläche ganz analog der der Gold- und Platindrähte.

Die nämlichen Versuche wurden mit zwei Bleidrähten von gleicher Länge und Durchmesser wie die früheren Drähte und bei gleicher Anordnung angestellt. Die leitende Flüssigkeit war ebenfalls Schwefelsäure, verdünnt mit dem 9fachen Volume Wasser. Wie in den früheren Fällen, fand durch directe Einwirkung dieser Säure auf die Bleidrähte keine Gasentwicklung statt. Bei Durchleitung der magneto-elektrischen Ströme wurden 0,5 K.Z.

Wasserstoff in 5 Minuten erhalten. Das Wärme-Galvanometer zeigte niemals mehr als 5° bis 6°. Die Bleidrähte schienen nach dem Versuch keineswegs oxydirt; allein man sah während desselben einen weifsen Niederschlag sich in der Flüssigkeit bilden, und nach wenigen Augenblicken hatte die Flüssigkeit dadurch ihre Durchsichtigkeit ganz verloren.

Zwei Eisendrähte, in eine eben so stark verdünnte Schwefelsäure gebracht, entwickelten durch directe Einwirkung von Seiten derselben 0,07 K.Z. reinen Wasserstoffs in einer Minute. Bei Durchleitung der magneto-elektrischen Ströme bildeten sich sogleich 2 K.Z. in einer Minute. Nachdem der Versuch für einen Augenblick unterbrochen worden, erhielt man bei einer Durchleitung der Ströme nur 1,4 K.Z. und ohne dieselben 0,4 in der Minute. Nach Reinigung der Drähte bekam man aber wieder die anfängliche Gasmenge. Das Wärme-Galvanometer zeigte beim Durchgang der magneto-elektrischen Ströme nur 33°.

Zwei Zinkdrähte in der verdünnten Schwefelsäure gaben, durch Einwirkung derselben, eine grofse Menge Wasserstoffgas, und diese schien sich bei Durchleitung der magneto-elektrischen Ströme nicht zu vergröfsern.

Zwei Kadmiumdrähte gaben unter denselben Umständen ganz andere Resultate. Sie entwickelten fast kein Gas durch directe Einwirkung der verdünnten Säure, und gaben auch nicht mehr bei Durchleitung der Ströme. Das Wärme-Galvanometer zeigte dann 50° [1]). Die Kadmiumdrähte zeigten also ganz ähnliche Resultate wie die Kupfer- und Silberdrähte.

1) Bei dieser Gelegenheit möchte es nicht unpassend seyn an die schon früher (Ann. Bd. LIII S. 437 Anmerk.) von mir erwähnte Thatsache zu erinnern, dafs das Kadmium in verdünnter Säure (z. B. Schwefelsäure) ungleich weniger löslich ist als das Eisen, dennoch aber sich gegen dasselbe positiv erweist. Nach der chemischen Theorie des Galvanismus sollte das Verhalten wohl das umgekehrte seyn? P.

Fassen wir in wenigen Worten die Hauptfolgerungen aus diesen Versuchen zusammen.

Wir sehen zunächst, daſs das Platin in verdünnter Säure, besonders Salpetersäure, leichter oxydirbar zu seyn scheint als das Gold. Dieſs scheint aus der weit rascheren und weit vollständigeren Aufhörung der Gasentwicklung bei Anwendung von Platindrähten hervorzugehen. Auch gewahrt man, daſs die pulverige Schicht, mit welcher sich die Drähte bekleiden, weit dicker auf dem Platin als auf dem Golde ist.

Eine zweite einigermaſsen wichtige Thatsache ist die Regelmäſsigkeit, mit welcher die vom Galvanometer angezeigte Temperatur steigt, in dem Maaſse die Gasentwicklung abnimmt. Rührt dieſs davon her, daſs die in der Kette entwickelte Wärmemenge constant ist, und je mehr Gas sich entwickelt, desto mehr Wärme durch die Gasbildung absorbirt wird, also desto weniger in der übrigen Kette zurückbleibt? Oder entspringt es daraus, daſs die Reihe von Oxydationen und Desoxydationen, die desto ausgeprägter ist, je weniger Gas entwickelt wird, den Durchgang der Ströme erleichtert, und folglich deren Wärmewirkung auf die Feder des Bréguet'schen Thermometers verstärkt. Diese letztere Erklärung scheint mir wahrscheinlicher; denn sie allein erklärt die sonderbare Thatsache bei den Bleidrähten. Bei diesen Drähten zeigt das Wärme-Galvanometer, obgleich kein Gas entwickelt wird, höchstens 5° bis 6°, während es bei den andern Drähten auf 30° bis 40° steigt. Dieser groſse Unterschied scheint davon herzurühren, daſs der Strom schwierig aus den Bleidrähten in die Flüssigkeit übergeht, wahrscheinlich wegen der Bildung des weiſslichen Niederschlags an ihrer Oberfläche, der, wie wir schon oben bei den bleiernen Scheidewänden sahen, sich dem Durchgange der abwechselnden Ströme widersetzt.

Ich füge hinsichtlich dieses Gegenstandes noch die Bemerkung hinzu, daſs ein gewöhnliches Thermometer,

in der Flüssigkeit zwischen die Drähte gebracht, während des Durchgangs der Ströme eine desto höhere Temperatur anzeigt als die des Wärme-Galvanometers niedriger ist. So stieg dieses Thermometer um 1°, wenn das Wärme-Galvanometer 32° zeigte, um 0°,6, wenn es 45° zeigte, und um 0°,4, wenn es auf 50° stand.

Ich verweile für jetzt nicht bei der merkwürdigen Verschiedenheit, welche die Kadmiumdrähte im Vergleich mit den Zinkdrähten darbieten, noch bei den Folgerungen, die man in chemischer Hinsicht aus den erwähnten Versuchen ziehen kann. Später werde ich auf beide Punkte zurückkommen. Ich begnüge mich zu bemerken, dafs das angewandte Zink käufliches war, und dafs daher die grofse Gasmenge, welche dasselbe, selbst ohne Durchleitung der magneto-elektrischen Ströme, gab, nicht auffallen kann.

II. *Ueber den Einflufs der Zwischenplatten in der galvanischen Kette; von H. Buff.*

Henrici in seiner kritischen Arbeit »zur Galvanometrie« schliefst mit den Worten: »Die Zwischenplatten wirken in zwiefacher Weise auf den elektrischen Strom der Säule zuerst durch Verursachung eines namhaften Uebergangswiderstandes, und sodann durch Erzeugung eines secundären, dem primären entgegengesetzten Stromes. Es wäre unstreitig sehr erwünscht, wenn Mittel aufgefunden würden, diese beiden Wirkungen isolirt darzustellen; denn so lange dieses nicht geschehen ist, müssen Versuche der fraglichen Art (nämlich über den Einflufs der Zwischenplatten) offenbar unfruchtbar bleiben.« Diese Worte, in Poggendorff's Annalen ohne weitere Bemerkung aufgenommen, lassen allerdings vermuthen, dafs

die bisherigen Bestrebungen der Naturforscher über diesen interessanten Gegenstand Licht zu verbreiten, durch Schwierigkeiten eigenthümlicher Art vereitelt worden sind, und dafs die Frage selbst bis jetzt unbeantwortet geblieben ist.

Da nun das Verhalten der Zwischenplatten, so weit ich mich darüber theils aus den Arbeiten anderer Schriftsteller, theils durch eigene Erfahrungen zu unterrichten vermochte, besondere Verwicklungen in der That nicht darzubieten scheint, so erlaube ich mir, meine Vorstellungen, die, seit dem Erscheinen meiner früheren Arbeit über dieselbe Frage, wohl erweitert und mehr geordnet worden, in der Hauptsache aber ungeändert geblieben sind, hier mitzutheilen, wiewohl ich weit entfernt bin zu glauben, dafs sie für Jedermann etwas Neues enthalten.

Mein Zweck ist nämlich zu zeigen, dafs das Verhalten der Zwischenplatten sich mit dem der Hydro-Kette im Allgemeinen in ganz befriedigenden Zusammenhang bringen läfst; oder dafs die Zwischenplatten der Untersuchung nichts darbieten, was sich nicht in ähnlicher Weise wiederfindet, wo die Elektricität genöthigt ist aus einem Metalle in eine Flüssigkeit und im Allgemeinen in einen schlechteren Leiter überzugehen.

Wenn man einer beliebig zusammengesetzten hydroelektrischen Kette eine indifferente Zelle einschiebt, so bemerkt man bekanntlich sogleich eine Verminderung des Stroms. Eine zweite, dritte Zelle ähnlicher Art u. s. w. fahren fort den Strom zu schwächen, wiewohl in abnehmendem Grade. Diese Abnahmen richten sich nun nach einem bestimmten Gesetze, in der Weise, dafs wenn das Verhältnifs des Widerstandes nur für eine einzige Zelle gefunden ist, und sobald man von dem Gesichtspunkte ausgeht, dafs jede eingeschaltete Zelle von gleicher Art einen gleichen Antheil von der vorhandenen bewegenden Kraft in Anspruch nimmt, die unmittelbar nach der Schlie-

ıng beobachteten Mengen der Ströme sich einer ziemh scharfen Controle unterwerfen lassen.

Sollten hinsichtlich dieses Punktes überhaupt noch veifel herrschen, so dürften die folgenden Versuche r vollständigen Hebung derselben geeignet seyn.

Bei diesen Versuchen dienten Kupfer- und amalgarte Zinkstreifen von 4 Par. Lin. Breite, die bei je 6 ı 7 Linien Abstand, 10 bis 11 Lin. tief in die Flüskeit eintauchten. Die Ströme wurden mittelst eines ılvanometers von Gourjon gemessen, das sehr genau arbeitet ist, und bei welchem bis auf 20° hin die Boa der Stromstärke proportional sind.

In der zweiten Versuchsreihe kommen indessen stärre Ablenkungen vor. Um auch diese unter einander rgleichbar zu machen, wurde nach Beendigung dieser ›ihe von Beobachtungen die Empfindlichkeit der Mullicatornadel durch geeignetes Annähern eines Magnets rmindert, sodann ein Theil der Versuche wiederholt. e durch dieses Hülfsmittel erhaltenen Ablenkungen der olumne *b* gewährten, da sie mit den entsprechenden hlen der Columne *a* genau gleiche Stromstärken beichnen, ein bequemes Mittel, um die in der Columne enthaltenen vergleichbaren Wirkungen zu berechnen.

Die Flüssigkeiten in den Zwischenzellen befanden :h stets zwischen Kupferstreifen.

1.

Virkungszellen	Zwischenzellen	Ablenkung	
reines Wasser.		beobachtet.	berechnet.
1	1	5,1	5,2
1	2	3,2	3,3
1	3	2,3	2,4
2	1	7,5	7,3
2	2	5,1	5,2
2	3	3,5	4,0
3	1	8,5	8,4

Wirkungszellen	Zwischenzellen reines Wasser.	Ablenkung beobachtet.	Ablenkung berechnet.
3	2	6,5	6,4
3	3	5,0	5,2
4	3	6,3	6,1
5	3	7,0	6,7
Ohne Zwischenzellen		12,2	12,2

2.

Wirkungszellen, verdünnte Schwefelsäure.	Zwischenzellen, reines Wasser.	Ablenkungen		Relative Kraft des Stromes	
		a.	b.	c.	berechnet.
1	1	12,5	3,95	12,5	12
1	2	6	—	6	6
1	3	4	—	4	4
2	1	22,8	7,8	23,8	23,7
2	2	11,5	—	11,5	12
3	1	32	11,2	34,2	35,2
3	3	11,4	—	11,4	12
4	1	40,8	15	45,8	46,4
4	2	22,2	7,4	22,6	23,7
4	3	15	4,9	15	15,9
5	1	48	19	58	57,5
5	2	28	9,3	28,4	29,5
5	3	19	6,3	19	19,8
9	3	33	—	35,2	35,2
10	1	72	36	121	109
10	2	49	18,6	57	57,5
10	3	36	13	39,6	39
Ohne Zwischenzellen					1104

3.

Wirkungszellen, Wasser.	Zwischenzellen, stark verdünnte Salpetersäure.	Ablenkungen beobachtet.	Ablenkungen berechnet.
1	1	18,2	18,3
1	2	18	17
1	3	16	15,8
2	1	19	19,1
2	2	18,5	18,3
Ohne Zwischenplatten		20	20

Die Werthe der letzten Columne sind mittelst der Formel $S=\frac{A}{L}\cdot\frac{n}{n+m\alpha}$ bestimmt worden, indem für $\frac{A}{L}$ die ohne Zwischenzelle gefundene Stromstärke, für n die Zahl der wirksamen Paare, für m die Anzahl Zwischenzellen und für α (das Verhältnifs des Widerstandes einer Zwischenplatte zu dem einer Wirkungszelle) eine aus den Versuchen abgeleitete Constante gesetzt wurde. Aus der ersten Versuchsreihe wurde $\alpha=1,35$, aus der zweiten $\alpha=91$ und aus der dritten $\alpha=0,09$ gefunden.

Der Werth von α ändert sehr merklich, sowohl mit der Beschaffenheit der Flüssigkeit in den Zwischenzellen, wie mit der Materie der Zwischenplatten. Befand sich z. B. in den Wirkungszellen Wasser von möglichster Reinheit, so war, wenn die Zwischenzellen von derselben Flüssigkeit enthielten, $\alpha=1,4$.

War die Flüssigkeit in den Zwischenzellen schon gebraucht, d. h. hatte man die Metallstreifen schon öfter eingesenkt und wieder herausgenommen, so sank das Widerstandsverhältnifs bis zu $\alpha=1$. Durch Zusatz eines Tropfens Kochsalzlösung wurde $\alpha=0,23$. Ein einziger Tropfen Salpetersäure verminderte diesen Werth in $\alpha=0,14$.

Brachte man, statt der Kupferstreifen, Zinkstreifen in das reine Wasser, so wurde $\alpha=0,7$.

Endlich Platinstreifen, statt der Kupferstreifen, gaben $\alpha=2$.

Dieser relative Widerstand jeder Zwischenzelle einmal festgestellt, läfst sich also die Stromstärke für eine übrigens beliebige Zusammensetzung der Kette im Voraus berechnen, oder die Zwischenzellen werden hierdurch ganz in die Klasse der schlechten Leiter zurückgeführt.

Was nun aber die Ursache ist von dieser so veränderlichen Leitfähigkeit, oder von der wechselnden Gröfse des Werthes α; warum chemisch kaum wahrnehmbare Aenderungen der Flüssigkeit, schon sehr bemerkbare Ver-

schiedenheiten dieses Coëfficienten bewirken; warum die Natur des Metalls, womit die Flüssigkeit in Berührung steht, eine nicht unwesentliche Rolle dabei spielt; warum überhaupt Metallstreifen, in einer galvanischen Kette als Zwischenplatte eingeschoben, den Strom so beträchtlich aufhalten. Ueber alle diese Fragen kann man von dem Ohm'schen Gesetz keinen Aufschlufs erwarten, weil sie Beziehungen berühren, welche in den Grundlagen desselben gar nicht vorausgesehen sind.

Eine auf richtige Beobachtungen gegründete Beantwortung dieser Fragen kann daher vielleicht geeignet seyn das Ohm'sche Gesetz zu erweitern, aber in keinem Falle, wie sie auch ausfallen mag, damit unverträglich seyn.

Mehrere Physiker haben versucht den Einflufs der Zwischenplatten auf die Schwächung der Ströme aus den besonderen Beziehungen des flüssigen zu dem metallischen Leiter entweder ganz oder doch theilweise abzuleiten.

Man hat ausgemittelt, dafs an jeder Metallplatte, die ein Glied einer geschlossenen Hydro-Kette bildet, da wo sie mit einer Flüssigkeit in Berührung kommt, worauf sie keine sehr kräftige chemische Action ausübt, eine elektromotorische Thätigkeit in entgegengesetztem Sinne des Stroms oder ein Widerstand entsteht, der, obschon im Augenblick des Schliefsens der Kette noch nicht vorhanden, doch schon nach sehr kurzer Zeit bemerkbar wird, mit der Dauer des Stroms zunimmt und endlich ein gewisses Maximum erreicht.

Ein solcher Widerstand (Polarisation) findet sich nun auch an beiden Kupferwänden der indifferenten, mit Wasser gefüllten Zelle. An beiden ist er deutlich wahrnehmbar, jedoch an der dem Zink der wirksamen Zellen correspondirenden Kupferfläche der unwirksamen Zelle bei weitem am geringsten, weil hier eine nachweisbare chemische Action eintritt. Das Kupfer oxydirt sich näm-

lich allmälig auf Kosten des im Wasser vertheilten Sauerstoffs. Platinplatten in der Zwischenzelle werden stärker als Kupferplatten, und zwar beide fast gleich stark, Zinkplatten dagegen weit weniger polarisirt. Wenn man drei Gefäfse mit reinem Wasser, die je ein Paar Zwischenplatten aus diesen drei verschiedenen Metallen enthalten, nach einander einer elektrischen Säule von zehn Wirkungspaaren mit Schwefelsäure so lange einschlofs, bis die Nadel eine feste Stellung angenommen, also die Polarisation ihr Maximum erreicht hatte, so erhielt man von den beiden Zinkplatten der Zwischenzelle einen Gegenstrom von 2°,5, von den beiden Kupferplatten von 5° und unter gleichen Umständen von den Platinplatten von 15°.

Aber auch die Beschaffenheit der Flüssigkeit zeigt einen grofsen Einflufs auf die Stärke der Polarisation. Um einen Ueberblick, wenn auch gerade keine ganz genaue Vergleichung der Polarisationsfähigkeit der Kupferplatten in den verschiedenen Flüssigkeiten zu gewinnen, wurde folgender Weg eingeschlagen. Zwei Gefäfse mit Kupferplatten, von ganz gleicher Beschaffenheit, wurden, das eine (*a*) mit destillirtem Wasser, das andere (*b*) z. B. mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Hierauf wurde *a* einer galvanischen Kette so lange eingeschlossen, bis die Polarisation sich nicht weiter vermehrte. Die Zelle *a* mit den polarisirten Platten verhielt sich nun, wenigstens für eine kurze Zeit, wie ein selbstthätiges Paar, und mufste folglich fähig seyn, je nach der Gröfse der secundär hervorgerufenen Tension an der Oberfläche der Platten einen Strom von bestimmter Stärke durch die andere indifferente Zelle (*b*) zu treiben. Er betrug in dem angegebenen Falle 11°,2. Beide Gefäfse wurden dann verwechselt, d. h. die Platten in der Schwefelsäure wurden polarisirt und der erzeugte Gegenstrom nachher durch die Wasserzelle getrieben. Jetzt zeigte sich eine Ablenkung von nur 5°, die nicht gesteigert werden konnte

so lange auch die Zelle *b* als Glied der wirksamen galvanischen Kette erhalten werden mochte. Kupferplatten in verdünnter Salpetersäure konnten unter ähnlichen Umständen nur bis zu 0°,5 polarisirt werden. Verglich man aber auf dieselbe Weise das reine Wasser mit solchen, worin eine geringe Menge Kochsalz gelöst war, so trat das Uebergewicht der Polarisation im Verhältnifs von 17 : 14 auf Seite der in die Salzlösung tauchenden Kupferplatten.

Die meisten dieser verschiedenen Thatsachen können wohl zur Vermuthung führen, dafs der Widerstand der Zwischenplatten wesentlich von der Polarisation herrührt. Gleichwohl ist diefs nicht der Fall, wie aus den folgenden Umständen hervorgeht.

1) Wenn man die Flüssigkeit eines galvanischen Paares durch eine oder mehrere Zwischenplatten unterbricht, so deutet die Bewegung der Nadel gleich von Anfang auf eine auffallende Verminderung der bewegenden Kraft, ungeachtet doch Polarisation im Augenblicke des Schliefsens noch gar nicht vorhanden ist, und überhaupt während der kurzen Dauer einer Beobachtung in der Regel so wenig beträchtlich wird, dafs sie nur mit Hülfe eines sehr empfindlichen Galvanometers wahrgenommen werden kann. Gleichwohl raubt die Zwischenplatte, unter Voraussetzung von übrigens ganz gleichen Verhältnissen, dem Strome 30 bis 80 Proc. seiner Kraft.

2) In zwei Gefäfse, die beide Wasser enthalten, stelle man in das eine ein Zink-Kupferpaar, in das andere ein Paar Kupferplatten. Man bestimme sodann das relative Verhältnifs des Widerstandes oder den früher mit α bezeichneten Werth einmal aus den unmittelbar nach dem Schliefsen beobachteten Ablenkungen, dann aus den Ablenkungen nach eingetretener fester Stellung der Nadel, d. h. also unter Umständen, wobei der Einflufs der Polarisation sein Maximum erreicht hat. Man wird in beiden Fällen ein gleiches Resultat erhalten.

3) Endlich findet man, daſs etwas Kochsalz zu dem Wasser der Zwischenzelle gebracht, sogleich die Circulation des Stromes befördert und dennoch eine Vermehrung der Polarisation bewirkt.

Ich betrachte diese Bemerkungen nicht als Beweise, daſs die Metallpolarisirung auf die *Gröſse* des Widerstandes, welchen Zwischenplatten in der elektrischen Kette verursachen, überhaupt ohne Einfluſs sey; ich wollte nur darthun, daſs dieser Einfluſs bei der Frage, um deren Lösung es sich hier handelt, von untergeordneter Bedeutung ist. Zugleich glaube ich hierdurch einen Vorwurf widerlegt zu haben, den Henrici meiner früheren Arbeit gemacht hat: daſs nämlich meine Ansichten über den die Stromkraft hemmenden Einfluſs der Zwischenplatten mit den neueren Erfahrungen über das Wesen der Metallpolarisirung nicht bestehen könnten.

Wenn nun auch der Widerstand der Zwischenplatten mit dem Wesen der Metallpolarisirung in keiner unmittelbaren Beziehung steht, so ist es doch darum nicht weniger gewiſs, daſs dieselbe Ursache, von welcher die Veränderungen, so wie die Stärke des letzteren groſsentheils abhängen, nämlich die chemische Action zwischen Metall und Flüssigkeit, so wie die gröſsere oder geringere Zersetzlichkeit der letzteren auch auf das Verhalten der Zwischenplatten einen ganz bedeutenden Einfluſs ausübt.

Da es indessen ein längst über jeden Zweifel erhobenes Erfahrungsgesetz ist, daſs die Leichtigkeit einer Flüssigkeit, die Elektricität durchzulassen (oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, ihr Leitungsvermögen) mit dem Grade ihrer Zersetzlichkeit und mit der Stärke ihrer Einwirkung auf die Metallplatten gleichen Schritt hält, so könnte nur darin etwas Auffallendes liegen, wenn man ein solches Verhalten bei den Flüssigkeiten der indifferenten Zellen nicht wiederfände. Es lieſse sich demnach voraussehen, daſs Zinkplatten statt der Kupferplat-

ten in die neutrale Zelle gestellt, den Strom weniger aufhalten werden, als diese, oder dafs eine leichter zersetzliche Substanz, dem Wasser beigemischt, einen ähnlichen Effect herbeiführen mufs. Mit einem Worte, *es ist eine nothwendige Folge des im Allgemeinen beobachteten Verhaltens der Bestandtheile einer Hydro-Kette, dafs Zwischenzellen den Strom um so weniger aufhalten, je mehr sie, sobald die Richtung der Bewegung einmal gegeben ist, nunmehr selbst fähig sind, eine thätige Rolle zu übernehmen.*

Wenn nun hierdurch begreiflich wird, warum verschiedenartig zusammengesetzte Zwischenzellen, Ströme von gleicher Intensität nicht gleich stark aufhalten, so erklärt sich doch hieraus noch nicht, warum überhaupt eine jede Metallplatte, wodurch man den unmittelbaren Zusammenhang ein und derselben flüssigen Strecke unterbricht, eine Veranlassung wird zur Verminderung der Menge bewegter Elektricität; oder warum der Strom, so oft er aus einer Metallplatte in eine Flüssigkeit übertreten mufs, ganz augenscheinlich einen Widerstand des Uebergangs erfährt; einen Widerstand, der schon vor der Polarisirung vorhanden ist, und sich unabhängig von dieser beobachten läfst.

Dafs man indessen in dem Daseyn dieses Widerstandes hin und wieder etwas Befremdendes gefunden hat, diefs rührt, wenn ich nicht irre, nur daher, weil man den zur Ueberwindung des Leitungswiderstandes einer Materie erforderlichen Theil der Betriebskraft, mit demjenigen Antheil vermischte, der nothwendig ist, um der Elektricität Geschwindigkeit zu ertheilen. Bei den Metallen, diesen so vollkommenen Leitern, oder diesen verhältnifsmäfsig so überaus weiten Kanälen für die fliefsende Elektricität, ist ein solches Versehen freilich ohne grofse Bedeutung. Dagegen bei der Bewegung der Elektricität durch Flüssigkeiten, erlangt die zur Hervorbringung von Geschwindigkeit nöthige Kraft eine schon bemerkbare

Gröfse

Gröfse, und mufs deshalb von dem für den Widerstand in der Flüssigkeit selbst (gleichsam für die Reibung) verwendeten Theile der Kraft bestimmt unterschieden werden.

Ich denke mir dieses Verhalten ähnlich wie wenn eine tropfbare oder elastische Flüssigkeit aus einem sehr weiten Behälter durch ein Rohr abgeführt werden soll. Je enger dieses ist, um so mehr Druck mufs angewendet werden, um eine bestimmte Menge Flüssigkeit hindurchzutreiben, und zwar ganz unabhängig von demjenigen Drucke, welcher aufserdem noch durch den Widerstand an den Wänden des Rohrs verzehrt wird.

Unterbricht man das Rohr, ohne übrigens seine Länge zu verändern, an verschiedenen Punkten durch weite Behälter, so kommt die Flüssigkeit, so oft sie aus einer der Röhrenabtheilungen in ein Behälter übergeht, beinahe zur Ruhe. Der für die Geschwindigkeit im Rohr erforderliche Theil der Betriebskraft mufs daher beim jedesmaligen Eintritt der Flüssigkeit aus einem der Behälter in eine Röhrenabtheilung von Neuem verwendet werden.

Während also für die Bedingung einer gleichbleibenden Ausflufsmenge der Leitungswiderstand im Rohr unverändert bleibt, erheischt dennoch ein jeder neu eingeschobene weite Behälter, eine neue Vermehrung der Betriebskraft.

Eine ähnliche Vorstellung bilde ich mir von dem Einflusse der indifferenten Zellen. Durch die Metallplatte bewegt sich die Elektricität relativ langsam; soll nun aber dieselbe Menge auch durch die (gleichsam viel engeren) Leitungkanäle einer Flüssigkeit dringen, so kann die hierzu nothwendige gröfsere Geschwindigkeit nur durch Aufwand von Kraft (Tension) hervorgebracht werden. Dieser Aufwand wiederholt sich nun in jeder folgenden Metallplatte, und dadurch erklärt sich das allerdings beim ersten Anblick sonderbare Resultat, dafs jede Unterbrechung eines unvollkommenen Leiters durch Dazwischen-

kunft eines besseren Leiters, den Strom nicht fördert, sondern schwächt.

IV. *Rotation des Lichtstroms zwischen den Polen einer Volta'schen Batterie.*

In den kürzlich erschienenen *Transactions of the London electrical Society, from* 1837 *to* 1840, findet sich unter andern die ausführliche Beschreibung der Versuche, welche Hr. Ch. V. Walker mit einer mächtigen Daniell'schen Batterie angestellt hat, und von denen schon früher in den Annalen (Bd. XXXXVII S. 123) gelegentlich eine kurze Notiz mitgetheilt wurde. Die Batterie bestand aus 160 Zellen von bedeutenden Dimensionen (jede enthielt etwa zwei Pfund Zink), und war geladen mit gesättigten Lösungen einerseits von Kochsalz und andererseits von Kupfervitriol (von welcher jede Zelle eine Viertel-Pinte faſste). Die Flüssigkeiten waren durch braunes Packpapier getrennt. Sonst bot die Construction nichts Eigenthümliches dar. — Mit dieser Batterie machte Hr. W. unter andern folgenden Versuch. Er drückte den negativen Poldraht fest auf das Nordende eines sehr starken Hufmagneten (Fig. 13 Taf. II) und näherte nun demselben den positiven Draht bis zur Schlagweite. Augenblicklich erschien eine glänzende circulare Flamme, die sich von links nach rechts, wie der Zeiger einer Uhr, drehte. Vertauschte er den Südpol gegen den Nordpol, so rotirte die Flamme in umgekehrter Richtung. Das Resultat war vorauszusehen, ist aber dennoch interessant.

V. *Ueber galvanische Ketten mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten, und über einiges aus den neuesten, diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen; von G. F. Pohl.*

Die Argumente in dem Streite der Volta'schen Contacttheorie und der sogenannten chemischen Theorie sind hauptsächlich von der Wirkung galvanischer Ketten mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten entlehnt oder darauf zurückzuführen. Das Verhalten dieser Ketten scheint sonach das Entscheidungsterrain auf dem Kampfplatze beider Partheien zu bilden. Jede von ihnen hat gewisse Bedingungen dieses Verhaltens zu Stützpunkten ihrer Behauptung ausersehen, die sie für eben so gesichert, wie diejenigen der Gegenparthei für schwach und unhaltbar erklärt, so dafs ein Dritter, je nachdem er die Aeufserungen von nur einer oder von beiden Partheien zugleich vernimmt, in dem einen Fall eben sowohl veranlafst seyn könnte, den Sieg für schon entschieden, als in dem andern Fall ihn für immer unentscheidbar anzusehen. Die Wahrheit liegt hier, wie in tausend ähnlichen Verhältnissen, in der Mitte. Der Streit wird, nachdem er der Wissenschaft ihre Früchte getragen, gleich jedem andern seine Endschaft erreichen, aber nur so, dafs das Wahre vom Falschen einer jeden Seite geläutert und der Sieg keinen von beiden Theilen ausschliefslich zugesprochen werden wird. Ich bin weit davon entfernt, hier in schiedsrichterlicher Absicht auftreten zu wollen, obschon im Grunde jeder einzelne der Streitenden ein solches Entscheidungsrecht für sich in Anspruch nimmt. Ich will nur, da ich keiner von beiden Partheien angehöre, bei dieser Gelegenheit kürzlich hervorzuheben suchen, worin, meiner Ansicht nach, theils auf jeder Seite das Rechte

liegt, kraft dessen beide Theile die Behauptung ihres Standpunktes für unfehlbar halten, und worin andererseits dennoch hier und dort zu weit gegangen oder nicht weit genug gegangen wird, um zur Einheit und Verständigung zu gelangen. Es wird sodann erst möglich seyn, von dem in der Ueberschrift genannten Gegenstande die wesentlichsten Seiten, deren Erörterung ich mit diesem Aufsatze bezwecke, unter hinlänglich klaren Beziehungen darzulegen.

Die Anhänger der Volta'schen Theorie fufsen vornehmlich auf der Realität der Volta'schen Contacteffecte, und sie sind um so mehr befugt es zu thun, da diese Realität von einem Theil der Gegner ohne Grund und mit Uebereilung geläugnet worden ist. Jedenfalls ist es ein aus den Gegendemonstrationen hervorgegangener Gewinn, dafs jetzt, nicht blofs wie ehemals, vorzugsweise nur die Wirkung des Metallcontacts, sondern die gegenseitigen Erregungen aller Glieder, der flüssigen wie der festen, in der galvanischen Kette Berücksichtigung gefunden haben. Die Theorie ist dadurch dem Standpunkte einer mehr objectiven Auffassung der Erscheinungen näher gebracht; aber sie ist dessen ungeachtet doch noch immer so weit davon entfernt, als in der ungeschlossenen Kette jene vereinzelten elektrischen Contacteffecte von der chemischen Gesammtwirkung der Kette in ihrem geschlossenen Zustande verschieden sind. Darin liegt aber, wenn der Streit nach seinen inneren Motiven betrachtet wird, der eigentliche Cardinalpunkt der Controverse, dafs die Gegenpartbei, von einem regen Erkenntnifsbedürfnifs getrieben, einen angemesseneren Gesichtskreis der Erseheinungen sucht, als denjenigen, welchen die Volta'sche Theorie, wenn auch unter der obigen Erweiterung und mit noch so consequenter Gestaltung des Formalismus, immer noch in der eigensinnigen Behauptung festhält, dafs das Princip der ganzen Mannigfaltigkeit der galvanischen Wirkungen in jenen partiel-

len Contacteffecten der ungeschlossenen und einer aus ihnen resultirenden elektrischen Strömung der geschlossenen Kette enthalten sey. Die Beweise für die Richtigkeit dieser Behauptung, unter welchen neuerdings den mathematischen Entwicklungen, welche die Stärke des elektrischen Stroms im Verhältnifs der Contacteffecte durch Formeln darstellen, ein grofses Gewicht gegeben wird, sind, vom unpartheiischen Standpunkte aus gewürdigt, nichts weniger als bindend. Jene Formeln namentlich, deren Werth in dem Kreise ihrer Anwendbarkeit wahrlich nicht von mir bestritten wird, sind an für sich nichts als Intensitätswerthe der in der geschlossenen Kette hervorgerufenen magnetischen Erregung, welche den chemischen Wechselwirkungen der Kettenglieder unter völlig ähnlichen qualitativen und quantitativen Einschränkungen eben sowohl proportional seyn kann, unter welchen der blofs hypothetische elektrische Strom den Contacteffecten der Glieder der Kette proportional gesetzt wird. Mathematische Formeln sind ein unschätzbares Vehikel der Physik; aber über den Sinn der ihnen und den Erscheinungen unterzulegen ist, kann nur durch Begriffe anderer Art entschieden werden.

Bleibt man bei der äufserlichen Gestalt des Kampfes der beiden Partheien stehen, so ist sie dadurch gegeben, dafs den Voltaisten der Fehdehandschuh zunächst mit der Forderung, nicht die Contactelektricität als die Quelle der chemischen Wirkungen, sondern umgekehrt, die chemischen Wirkungen als die Quelle der Elektricität der Kette anzuerkennen, hingeworfen worden. Es ist schon bei einer anderen Gelegenheit bemerkt worden, dafs der Streit, wenn er nicht tiefere Wurzeln hätte, als diejenigen, welche in dem blofsen Buchstaben dieser Herausforderung angedeutet sind, einen nichtigen und endlosen Scheinkampf bilden würde, da Chemismus und Elektricität durch ein inneres Band so wesentlich, wie eine Frucht mit ihren Fruchtkeimen zusammenhängen, dafs man

bald diese, bald jene als Grund sowohl wie als Wirkung der andern bezeichnen und seine Behauptung in beiden Fällen mit Erfolg vertheidigen kann. Wenn demnach der weitere Verlauf des Streites zu Ausgangspunkten führen mufs, die von denjenigen, welche bei der zufälligen Richtung seines Beginns in's Auge gefafst wurden, wesentlich verschieden sind, so zeigt eben sowohl auch die Unangemessenheit des Angriffes der Parthei, welche für die Rechte des Chemismus in die Schranken getreten ist, die Mangelhaftigkeit ihres Standpunktes. Sie würde andere Bedingungen gestellt und andere Gesichtspunkte geltend gemacht haben, wenn sie den Kampf im klaren Bewufstseyn seiner wesentlichen Interessen begonnen hätte. Sie hat aber jedenfalls den Blick und das Talent eines Wahrheitssinnes auf ihrer Seite, der durch Hypothesen und Reflexionen hindurch nach dem Kern einer thatsächlichen Objectivität strebt, und sie wird nicht müde werden dieses Ziel zu verfolgen. Ja es wäre denkbar, dafs sie unter den vielfach möglichen Wendungen von Streit und Widerstreit aus ihrem bis jetzt noch unbestimmten Felde der Negation auf einen positiven Grund und Boden der Erscheinungskenntnifs getrieben werden könnte, von dem aus sie sodann dasjenige als Frucht ihres Sieges und ihrer Anstrengungen zum Gegenstande der Anerkennung für uns machen würde, was bei uns, wenn auch von keiner der streitenden Partheien bisher gehörig erkannt und gewürdigt, dennoch längst für die Erkenntnifs gewonnen und zu Tage gefördert ist. Ich will daher von diesen schon vorhandenen Ergebnissen, die nach meiner Ueberzeugung entschiedene und unentbehrliche Grundlagen zu einer künftigen, aus der Polemik herausgearbeiteten Theorie des Galvanismus bilden, hier nur die wesentlichsten, so weit es dem Zwecke dieses Aufsatzes gemäfs ist, in gedrängter Zusammenfassung darlegen und sogleich folgen lassen.

Da es sich einmal um Reclamation dessen handelt

was dem Chemismus im Verhältnifs zur Elektricität gebührt, so ist vor allem übrigen erforderlich, es nicht bei der blofsen Negation der elektrischen Causalität bewenden zu lassen, sondern es mufs die in den galvanischen Erfolgen unläugbar sich äufsernde Polarität, welche von den Bekennern der sogenannten chemischen Theorie immer noch unter vagen Vorstellungen auf Rechnung der Elektricität gesetzt wird, mit Entschiedenheit dem Chemismus selbst als seine ihm ursprünglich inwohnende Natur zugeschrieben werden. Es gab eine Zeit wo der Magnetismus und die Elektricität gekannt, wo aber noch nicht die Polarität derselben erkannt, ja wo dieselbe, nachdem sie in den Erscheinungen unzweideutig sich herausgestellt hatte, dennoch durch blofs formale Reflexion bestritten wurde. Wie dürftig würde noch unsere heutige Kenntnifs des Magnetismus und der Elektricität seyn, wenn sie in dieser Einseitigkeit beharrt und die Anerkennung der Polarität daraus verbannt geblieben wäre. So wesentlich aber diese Anerkennung in Bezug auf die magnetischen und elektrischen Wirkungen für das Verständnifs der Erscheinungen ist, eben so wesentlich, ja noch viel unerläfslicher ist sie in Bezug auf die chemische Thätigkeit, da Magnetismus und Elektricität, als entschiedene Aeufserungsformen des Chemismus, ihre Polarität nur mit ihm zugleich einer und derselben umfassenderen Gesetzlichkeit zu verdanken haben. Der Chemismus ist eine allgemeine Naturfunction, er ist das Verbindungsglied der mechanischen und organischen Naturthätigkeit; er wird, so wie diese, nur von einer tiefer begründeten Urwirksamkeit getragen. Es kann also bei dieser universellen Abstammung desselben nicht die Rede davon seyn, ihn aus der Elektricität oder irgend einem anderen als Triebkraft in abstracto gesetzten Princip herzuleiten. Er hat keine andere Quelle als seine concrete Urwirksamkeit. Die Bestimmungen dieses Ursprungs aber sind vermöge der grofsartigen Garantie des Grundgesetzes

der Natur, daſs jede Thätigkeitsrichtung stets den Zügel ihrer Gegenthätigkeit mit sich führen und in sich tragen muſs, um so entschiedener in ihm ausgeprägt und von vorn herein um so fester in's Auge zu fassen. Es muſs also an der Spitze einer jeden auf Naturwahrheit Anspruch machenden Theorie des Galvanismus geschrieben stehen: »Der Chemismus ist in allen seinen Aeuſserungen polarisch, und alle Wirkungen desselben sind durch Polarität bedingt.«

Wird diese Grundidee weiter entwickelt, so ergeben sich daraus folgende Sätze. In jeder materiellen Substanz treten, indem sie chemisch wirkt, entgegengesetzte Thätigkeitsrichtungen auf, die nicht zufällig neben einander, sondern vermöge innerer Wechselbestimmung, wie die Pole eines Magneten, nothwendig mit und durch einander bestehen. Jede zwei chemisch in einander wirkende Stoffe begegnen sich demnach in ihrer Wechselthätigkeit unter den bipolaren Richtungen der Oxydation und Desoxydation, so daſs jeder einzelne von ihnen nicht bloſs in der einen oder andern Richtung, sondern in beiden zugleich, als Oxydationsfactor sowohl wie als Desoxydationsfactor, auf den andern einwirkt. Am deutlichsten ist dieſs in allen den Fällen ausgesprochen, wo den beiderseitigen Polarrichtungen eines und desselben Processes zugleich zwei verschiedene Producte entsprechen. Wenn z. B. Salzsäure und Kali auf einander wirken, so tritt einerseits die Salzsäure vermöge des Chlors als Oxydationsfactor und das Kali vermöge des Kaliums als Desoxydationsfactor auf; andererseits aber ist die Salzsäure mittelst des Wasserstoffs auch als Desoxydationsfactor und das Kali vermöge des Sauerstoffs auch als Oxydationsfactor thätig; während Chlorkalium und Wasser die beiden, den zwiefachen Thätigkeitsrichtungen entsprechenden Producte des Processes sind. Die eine Seite der Thätigkeitsrichtungen wird, sofern sie nachweislich die überwiegende ist, als die primitive bezeichnet und die

beiderseitigen Tendenzen, deren Realisirung in ihr, wie im obigen Fall durch die Bildung des Chlorkaliums, stattfindet, heifsen die *primitiven*, die beiden andern, unter deren Realisirung ein zweites Product hervorgehen kann, wie im obigen das Wasser, heifsen *secundäre* Tendenzen. In den Fällen, wo der Procefs nicht zur Bildung eines zweiten Products gelangt, sondern nur das eine von beiden erzeugt, sind es die primitiven Tendenzen, unter deren Realisirung dieses eine hervorgeht; die nichts destoweniger aber auch hier wirksamen secundären Tendenzen führen entweder nur unter der Gestalt einer Ausscheidung zu einem Educt, oder auch dieses fehlt unter einer blofsen gegenseitigen Neutralisirung derselben gänzlich. In jedem Fall aber wirkt jede der beiden Substanzen im Sinne einer primitiven und secundären Tendenz gleichzeitig auf die andere ein, und der Procefs kann nur in sofern und in dem Maafse stattfinden, als mit den primitiven Tendenzen zugleich den secundären Genüge geschieht, wenn auch auf der Seite der letzteren nur durch gegenseitige, ohne Product oder Educt erfolgende Ausgleichung. Die umständlichere und weitere Entwicklung dieser Theoreme führt zur Consequenz der chemischen Proportionen, deren Nachweisung nicht zum Zweck dieses Aufsatzes gehört, obgleich sie umgekehrt auch wieder zur Bestätigung des obigen dienen.

Im gewöhnlichen chemischen Procefs geschieht die gleichzeitige Ausgleichung der primitiven und secundären Tendenzen in unbestimmt vielen, auf der gemeinsamen Berührungsfläche der beiden Substanzen durch einander vertheilten Punkten. Wenn aber unter bestimmten Veranlassungen, wie sie beim galvanischen Procefs vorkommen oder absichtlich getroffen worden, die primitiven Tendenzen überwiegend nach der Berührungsfläche gerichtet sind, während die secundären Gegentendenzen unter überwiegender Richtung nach den Aufsenflächen der wirkenden Substanzen hervortreten: so kann die Aus-

gleichung der secundären Tendenzen und mit ihr die Vollziehung des ganzen Processes nur unter Vermittlung durch eine dritte geeignete Substanz bewerkstelligt werden. So lange diese Vermittlung unterbleibt, tritt ein Zustand der Spannung des einerseits angeregten, andererseits gehemmten Processes in der Gestalt der elektrischen Erregung ein, so dafs die positive Elektricität da erscheint, wo vermöge der einen secundären Tendenz die Oxydation begehrt wird, und die negative Elektricität auf der Seite der andern hervortritt, welche der Desoxydations-Effect verlangt. Wenn z. B. eine Schicht Salzsäure mit einer Schicht Kalilösung in Contact gebracht wird, so zeigt sich aufserhalb an der Säure +E., am Kali —E. Während die Säure an der inneren Berührungsfläche im Sinne der primitiven Tendenz als Oxydationsfactor das Kali zu oxydiren, sich selbst zu desoxydiren bestrebt ist, spricht sie an der Aufsenfläche mit der positiven Elektricität die secundäre Tendenz des polaren Gegeneffectes aus, als Desoxydationsfactor zu wirken und sich selbst zu oxydiren (durch Ausscheidung des Wasserstoffs), und so umgekehrt das Kali, das nach Aufsen mit der negativ elektrischen Erregung die secundäre Tendenz, als Oxydationsfactor zu wirken, sich selbst zu desoxydiren (durch frei werdendes Oxygen) offenbart.

Hierin ist zugleich der wesentliche Charakter der Elektricität unter allen Verhältnissen und Bedingungen ihres Vorkommens gegeben. Sie ist im Allgemeinen die Tendenz zur Verwirklichung eines chemischen Processes; noch bestimmter ist sie die Realisirungstendenz der secundären Effecte eines solchen irgendwie angeregten Processes. Die Elektricität, wo und wie sie erscheinen mag, gehört sonach immer nur der Aufsenseite eines im Hintergrunde liegenden chemischen Processes an, und drückt zunächst nur Tendenzen zu Thätigkeitsrichtungen aus, welche den eigentlichen primitiven Thätigkeitsrichtungen der erregten Substanzen, als deren polare Secundäreffecte

gerade entgegengesetzt sind. So wird an der Elektrisirmaschine durch die Reibung am Glase die Tendenz sich zu desoxydiren hervorgerufen, am Reibzeuge die Tendenz sich zu oxydiren. Diefs sind die eigentlichen, primitiven, in der Natur und gegenseitigen Relation der Substanzen zunächst begründeten Tendenzen. Mit ihnen zugleich aber erwachen auch die Antriebe zu den entgegengesetzten Thätigkeitsrichtungen, der Oxydationstendenz am Glase und der Desoxydationstendenz am Reibzeuge. Diefs sind die nach Aufsen geworfenen, am Glase durch +E., am Reibzeug durch —E. ausgesprochenen secundären Tendenzen; und nur in dem Maafse, in welchem diese letzteren realisirt oder gegenseitig ausgeglichen werden, geht auch der eigentliche zum Grunde liegende, mit der wirklichen Oxydation des Amalgams am Reibzeuge verbundene Procefs der primitiven Richtungen von statten. Die Reibungs- und Contacts-Elektricität treten sonach unter denselben Beziehungen und nach durchaus gleichen Bestimmungsmomenten kervor. Was im Contact von Zink und Kupfer geschieht, ist von der Art, dafs das Zink, wenn es der angeregten Tendenz Folge zu leisten vermöchte, gegen das Kupfer als Oxydationsfactor thätig seyn und es oxydiren, sich selbst desoxydiren würde, während es nach Aufsen die secundäre Polartendenz des eigenen Oxydationsverlangens durch +E. verkündet. Ein gleiches gilt unter entgegengesetzten Relationen vom Kupfer. Das Metall, welches wir das positive nennen, und zwar mit Recht in sofern, als es sich uns im Contact nach Aufsen hin positiv zeigt, ist also doch nichts destoweniger nach seiner primitiven Thätigkeitsrichtung gegen das Kupfer das negative und so umgekehrt.

In den obigen Beispielen sind respective Säure, Glas, Zink auf der einen, Kali, Reibzeug, Kupfer auf der andern Seite nach gleichen Momenten erregt, und der in dieser Erregung sich ankündigende Procefs verläuft, wenn

er unter dem vermittelnden Zutritt der geeigneten Substanz zu Stande kommt, bei den einzelnen Combinationen ebenfalls im Wesentlichen nach völlig gleichen Momenten. Jeder galvanische Procefs ist nach seinem Unterschiede vom gemeinen chemischen Procefs durch die örtlich verschiedene Richtung der primitiven und secundären Tendenzen, durch die deshalb vor dem Beginn des Processes an ihm auftretende, oben charakterisirte elektrische Spannung und durch die zur Darstellung des Processes nöthige Vermittlung, durch die sogenannte Schliefsung, wesentlich bestimmt. Vermöge dieser Schliefsung wird ein Kreis gebildet, worin nun nach der elektromotorischen Ansicht, welche die Anhänger der chemischen Theorie noch mit den Voltaisten theilen, ein elektrischer Strom zu kreisen beginnt, dem zugleich alle übrigen im Verlauf des chemischen Processes begründeten Erscheinungen beigemessen werden. Wenn z. B. Salzsäure und Kalisolution sich berühren, so heifst es: das +E. an der Aufsenfläche der Säure ströme durch einen schliefsenden Metallbogen von der Säure zum Kali und so fort im Kreise herum. Diese Vorstellung, welcher im Wesentlichen noch die älteste Reflexion über Elektricität, sie als ein substantielles Fluidum zu betrachten, zum Grunde liegt, wird allgemein noch jetzt wie eine Thatsache behandelt; man spricht von dem elektrischen Strom wie von einer unmittelbar wahrgenommenen Bewegung, während in Wahrheit an dem geschlossenen Kreise nur chemische Erfolge und magnetische Erregung vor Augen liegen. Die Elektricität ist keine Substanz die zu strömen fähig wäre. Die in ihr gegebene Erregung mufs aufhören, sobald mit der Realisirung oder Ausgleichung der Secundärtendenzen die Spannung des bis dahin unbefriedigten Zustandes gehoben wird. Diese Realisirung geschieht lediglich an den Berührungsflächen. Während in dem zum Beispiel genommenen Fall Chlor und Kalium an der inneren Berührungsfläche der beiden

Flüssigkeiten zusammengehen, treten Hydrogen und Oxygen aus der Säure und dem Kali, statt der unmittelbaren Vereinigung im gewöhnlichen Procefs, jetzt gegen die Extreme des schliefsenden Metallbogens, in seiner Berührungsfläche mit den Flüssigkeiten, hervor. Was kann also in allen übrigen Punkten der ganzen Länge des Schliefsungsdrahtes und im Innern der Flüssigkeitsschichten noch übrig seyn, das auf den vor der Schliefsung bestehenden elektrischen Zustand zu beziehen wäre? Nichts als die Reaction dieses Zustandes, die sich eben im Magnetismus ausspricht, und in der übrigen Masse des Metalls und der Flüssigkeit nunmehr als Tendenz *gegen* die chemischen Effecte an den Extremen auftritt, *für* welche zuvor die in der Gestalt der Elektricität ausgesprochene Tendenz in gerade entgegengesetztem Sinne aufgetreten war. Beide Zustände sind innig an einander geknüpft, sie bilden ein umfassenderes Polarverhältnifs gegenseitiger Abhängigkeit, so dafs darin nicht nur der Magnetismus als Reaction der Elektricität, sondern auch diese als Reaction von jenem erscheint, wie es durch die Entdeckung der Magnetelektricität bethätigt, und schon vor dieser factischen Darlegung, der Idee nach, als nothwendig erkannt und ausgesprochen war. Um so weniger dürfen daher diese Zustände auf eine der bestimmten Auffassung zuwiderlaufende Art vermengt werden, wie es geschieht, wenn der eine von ihnen unter der Vorstellung eines elektrischen Stroms noch als elektrisch bezeichnet wird, während er das Gegentheil der Elektricität ist, und dabei specifisch und wesentlich andere Bestimmungen als die, freilich vorhandene, aber ganz beiläufige Seite eines longitudinalen Erregungsfortschrittes darbietet. Die transversale magnetische Circularpolarität des Schliefsungsdrahtes und das wirbelförmige Zerstieben seiner Theile bei übermäfsiger Erregung machen eine angemessenere Würdigung dieses Zustandes unerläfslich. Das Metall, indem es an den Extremen seiner Oberfläche

vom Chemismus angegriffen wird, reagirt dagegen in allen übrigen Punkten seiner Masse unverkennbar theils dadurch, dafs es sich der Wirkung unter Tangentialantrieben zu entziehen trachtet, wie sie sich in den magnetischen Polaritätsrichtungen aussprechen, und in bestimmten Fällen unter factischer Aufhebung des Zusammenhanges verwirklichen; theils dadurch, dafs es eine vom ersten Augenblick des beginnenden Processes bereits vorhandene und unter seinem Fortschritt wachsende Gegenerregung in sich ausbildet, die unter dem Namen der Ladung (Polarisation) längst bekannt, wenn gleich ihrem wesentlichen Charakter nach von den wenigsten Beobachtern bis jetzt richtig aufgefafst ist. Was namentlich in den elektromotorischen Vorstellungen als Widerstand und als sogenannter Uebergangswiderstand des elektrischen Stroms bezeichnet wird, ist nur ein unbestimmter Theil dieses Verhaltens, welches die Versuche, es als ein blofs mechanisches Moment zu behandeln, jederzeit vereiteln wird, da es eine Stärke der Gegenwirkung erreichen kann, welche die normalen Thätigkeitsrichtungen des Processes nicht nur in unbestimmbar hohem Grade zu schwächen, sondern in einzelnen Fällen auch gänzlich umzukehren vermag.

Die obigen Auseinandersetzungen, so skizzenhaft sie hier auch in ihrer, durch den Raum bedingten Kürze erscheinen, zeigen an und für sich deutlich genug, dafs es mit ihnen nicht darauf abgesehen seyn kann, die Volta'sche Hypothese durch eine andere zu verdrängen oder eine subjective Meinung der andern gegenübertreten zu lassen. In solchem Falle allein wäre in der Frage, was die Wissenschaft durch einen solchen Meinungswechsel gewänne, Sinn und Begründung. Die Alternative aber ist nur von der Art, dafs die künstliche Aufrechthaltung einer Hypothese in der einen Wagschale, die schlichte natürliche Anschauung einer Thatsache in der andern liegt. Der elektrische Strom ist eine Hypothese, die den

Rang einer Thatsache usurpirt hat; die Polarität des Chemismus dagegen ist eine Thatsache, die ihren Werth und die Bürgschaft einer früher oder später entschiedenen allgemeinen Anerkennung in sich selbst trägt.

Ich gehe nun zu speciellen Bemerkungen und Versuchen über galvanische Ketten mit zwei Flüssigkeiten über, besonders in der Absicht, um mit Bezug auf das obige einen für die Discussion der Wirkung solcher Ketten sehr wesentlichen Gesichtspunkt hervorzuheben, den bis jetzt keine der beiden streitenden Partheien beachtet hat.

Wenn zuerst die beiden Flüssigkeiten mit zwei ebenfalls differenten Metallen dergestallt combinirt sind, dafs sie nur eine durch den Metallcontact geschlossene einfache Kette bilden, so läfst sich schon in dieser Form durch die Verschiedenheit der Wirkung unter abgeänderten Bedingungen deutlich nachweisen, dafs der Metallcontact ein partielles und untergeordnetes Motiv der Wirkung bilde. Ich könnte die Erfolge, da sie mir längst als constante bekannt sind, im Allgemeinen anführen; ich will aber, der Kürze und Bestimmtheit wegen, die Ergebnisse einzelner Versuche mittheilen, wie ich sie kürzlich wiederum zu diesem Behuf besonders angestellt habe. Ich bildete eine Kette aus einer Kupferplatte (*k*), einer Zinkplatte (*z*) und zwei feuchten Pappscheiben, von letzteren die eine (*s*) mit verdünnter Schwefelsäure, die andere (*a*) mit Aetzkalilösung getränkt. (4 Gewichtstheile Wasser auf 1 Th. Säure und 1 Th. Kali.) Die Platten hatten 2 Zoll Seite, die Pappscheiben lagen unmittelbar auf einander, und waren an ihren Aufsenflächen durch die anliegenden Metallplatten armirt.

Die Combination *z a s k* gab eine *westliche Ablenkung* von 36°. Der Verbindungsdraht ging nämlich von *k* aus über die nördlich von der Kette stehende Boussole und nach mehrfacher Umschlagung unter ihr nach *z* zurück. Ungeachtet hier nicht die Säure, sondern die

basische Flüssigkeit dem Zink anliegt, so giebt dennoch diese Combination ein Maximum der Wirkung, weil die letztere nur unter den jetzigen Bedingungen die Summe von dem ist, was theils nach der Relation der Flüssigkeiten unter sich, theils nach ihrer Relation zu den beiden Metallen erfolgt. Denn während die primitiven Effecte der Flüssigkeiten an ihrer inneren Berührungsfläche stattfinden, sind die Secundäreffecte an den Aufsenflächen von der Art, dafs *a* als Oxydationsfactor gegen *z* und *s* als Desoxydationsfactor gegen *k* wirksam ist. Wenn dagegen die Flüssigkeiten ihre Stellen wechseln, so sind die Bedingungen vermöge des Widerstreits zwischen ihren Secundäreffecten und den Relationen zu den Metallen bei weitem ungünstiger, und die Wirkung mufs, weil sie nur den Ueberschufs der einen Thätigkeitsrichtung über die andere enthalten kann, beträchtlich geringer seyn. Diefs zeigte sich in nachstehendem Erfolg.

Die Combination *zsak* gab eine *westliche Ablenkung* von nur 15°. Die Relation zu den Metallen hat also zwar, da die Ablenkung westlich geblieben, noch das Uebergewicht über den entgegengesetzten Erfolg, welcher im Sinn der primitiven Tendenzen der Flüssigkeiten stattfinden würde, behalten. Die Abnahme der Declination zeigt indefs jedenfalls das bedeutende Moment der letzteren, da, wenn die Wirkung nur vom Metallcontact abhinge, sie in der jetzigen Lage nothwendig gröfser als in der obigen seyn müfste.

Man kann aber vollends dem letztgenannten Moment auch das entschiedene Uebergewicht über die von den Relationen des Metallcontacts abhängige Wirkung verschaffen, wenn statt des Zinks ein zwar gegen *k* noch positives, aber minder positives Metall als Zink genommen wird. Ich vertauschte die Zinkplatte (*z*) mit einer Bleiplatte (*b*), und nun bewirkte

die Combination *bsak* eine *östliche Ablenkung* von 8°.

8 Grad. Vermöge des Metallcontacts sollte die Ablenkung westlich seyn, wie sie es unter den angegebenen Bedingungen jeder Zeit ist, wenn zwischen *b* und *k* eine einzige homogene Flüssigkeit gebracht wird. Hier aber, wo die chemische Relation der primitiven gegenseitigen Tendenzen der Flüssigkeiten, bei dem gegebenen Grade ihrer Combination, die Thätigkeitsrichtungen des ganzen Processes entscheidet, und über die Relationen der Tendenzen im Metallcontact den Sieg davon trägt, ist sie östlich. Indem *s* gegen *a* Oxydationsfactor ist, behauptet es sich, durch die Intensität dieses primitiven Effectes gekräftigt, gegen *b* als Desoxydationsfactor, und so umgekehrt *a* gegen *s* und *k*. Im Fortgange des Processes wird *k* durch *a* oxydirt, und *b* entbindet aus *s* das Hydrogen.

Endlich vertauschte ich noch in der letzten Combination die Kupferplatte (*k*) mit einer Platinplatte (*p*), und so erhielt ich durch

Combination *bsap* eine *östliche Ablenkung* von 2°.

Die Thätigkeitsrichtung ist also dieselbe wie vorhin, und die Abnahme der Declination ist, wie bei der Auffassung der Erfolge in dem angegebenen Zusammenhange ohne Schwierigkeit einleuchtet, ganz in der Ordnung. Im Gesichtspunkte der Contacttheorie zeigt sich hier aber von Neuem das Paradoxon, dafs der gröfsere Contactgegensatz zwischen Blei und Platin von einer geringeren Wirkung als der zwischen Blei und Kupfer begleitet ist, ohne dafs etwa dieser Unterschied hier, wie in einigen andern Fällen, durch einen angemessenen Unterschied der Reaction (des Widerstandes) bedingt wäre.

Die angegebenen Ablenkungen sind so, wie sie sich überall unter einem und demselben durch eine Gewichtsmasse auf der Kette bewirkten Druck, wenigstens einige Zeit nach der jedesmaligen Schliefsung, als stationär zeigen. Dafs bei Verwechslung der Flüssigkeiten die frü-

her benetzten Metallflächen durch trockene ersetzt werden, versteht sich von selbst.

Wenn man in der zuerst angegebenen Combination *zask* statt des basischen Factors *a* eine mehr oder minder gesättigte Lösung von schwefelsaurem Zink (α), statt der Schwefelsäure *s* Salpetersäure (σ), und statt des Kupfers *k* Platin (p) nimmt, so ist die, ganz nach den oben entwickelten Principien wirkende Combination $z\alpha\sigma p$ die Grove'sche Kette. α ist primitiv gegen σ Desoxydationsfactor und mit dem Secundäreffect gegen *z* Oxydationsfactor; in dem Maafse wie es an σ das Zinkoxyd abgiebt, nimmt es aus *z* neue Portionen desselben in sich auf. Desgleichen ist σ primitiv gegen α Oxydationsfactor und mit dem Secundäreffect gegen *p* Desoxydationsfactor; in dem Maafse wie es das Oxyd aus α in sich aufnimmt, setzt es dasselbe reducirend gegen *p* ab. Die Wirkungstendenz der flüssigen Factoren gegen die Metalle könnte nicht stattfinden, wenn nicht die angegebene gegenseitige primitive Wirkungstendenz vorhanden wäre. Die letztere ist hier, wie in allen obigen Combinationen ein sehr wesentliches und mit dem Sättigungsgrade der Zinklösung wachsendes Moment des Processes. Mit dieser Berücksichtigung aber erscheint die von Hrn. Etatsrath Pfaff neulich in seinem *experimentum crucis* (Annal. Bd. LIII S. 306) gegen die chemische Theorie ausgesprochene Behauptung keineswegs haltbar, da Hr. Pfaff dort nur die chemische Relation der Flüssigkeiten zu den Metallen in Frage stellt oder vielmehr verneint, ohne der Hauptsache ihrer gegenseitigen Relationen zu gedenken. In dem Procefs einer solchen Kette werden zwei Perioden zu unterscheiden seyn. Eine, bei welcher das Oxyd noch nicht bis zum Platin vorgedrungen ist, und aus der wäfsrigen Säure am Platin Hydrogen entbunden wird. Die andere, in welcher das Oxyd zur Reduction vorliegt und die Wasserstoffgasentbindung nachläfst oder ganz aufhört.

In den obigen Combinationen machen die Flüssigkeiten, indem sie sich berühren, mit den beiden Metallen eine einzige Kette aus. Der Gegenstand aber, über den mir vornehmlich noch eine Mittheilung zu machen obliegt, betrifft diejenigen Combinationen, bei welchen die beiden Flüssigkeiten ohne gegenseitige Berührung zwischen den beiden Metallen sich befinden, und so nicht eine, sondern zwei einfache Ketten bilden, von denen jede einzelne durch die andere geschlossen ist. Hieher gehört besonders die bekannte Faraday'sche aus Schwefelsäure, Jodkalium, Zink und Platin gebildete Combination. Um den Erfolg in diesem und allen ähnlichen Fällen auf klare Bestimmungen zurückzuführen, ist es nothwendig, die Hauptformen der einfachen, aus Flüssigkeit und Metall gebildeten galvanischen Ketten zu specificiren.

Die gemeinen Ketten, welche aus zwei differenten Metallen und einer homogenen Flüssigkeit zusammengesetzt sind, nenne ich *Ketten der ersten Art*. Diejenigen Ketten dagegen, welche aus zwei differenten Flüssigkeiten und einem homogenen Metall bestehen, nenne ich *Ketten der zweiten Art*. Endlich mögen die oben betrachteten, aus zwei Metallen und zwei Flüssigkeiten zugleich gebildeten Combinationen *Ketten der dritten Art* heifsen.

Hiemit ist noch in Bezug auf die Thätigkeitsrichtung in den Ketten der zweiten Art eine Bemerkung zu verbinden, die wir hier der Kürze wegen nur nach der Voraussetzung machen wollen, dafs die eine der beiden Flüssigkeiten (s) eine saure, die andere (a) eine alkalische oder basische Lösung sey. Indem nämlich s und a eine gemeinschaftliche Berührungsfläche haben, und aufsen mit den durch den Schliefsungsdraht verbundenen homogenen metallischen Armaturen (m) im Contact sind, nach dem Schema: $msam$, so ist die Thätigkeitsrichtung im Sinne der primitiven Tendenzen zwischen s und a

dergestalt bestimmt, dafs *s* gegen *a* Oxydationsfactor und mit dem Secundäreffect gegen das anliegende *m* Desoxydationsfactor ist u. s. f. (der sogenannte positive elektrische Strom geht mithin von *s* durch den Schliefsungsdraht nach *a*). Diefs gilt, wenn das *m*, wie Platin, Gold, Silber oder auch noch Kupfer, überwiegend negativ ist, freilich nicht ganz ohne specielle Ausnahmen; aber es findet in einer so grofsen Mehrheit von Fällen statt, dafs es unbedenklich als Regel aufgestellt werden kann. Wenn dagegen *m* ein überwiegend positives Metall, namentlich Zink, ist, so vermag sich *s* mit dem Secundäreffect eines Desoxydationsfactors gegen das anliegende *m* bei weitem nicht so oft wie im obigen Fall zu behaupten. Es wird vielmehr meistens durch seine überwiegende chemische Relation zu dem Metall bestimmt, gegen dasselbe als Oxydationsfactor, daher gegen *a* als Desoxydationsfactor zu treten und die Thätigkeitsrichtung der ganzen Kette wird mithin die entgegengesetzte der obigen. (Der Strom geht nun von *a* durch den Schliefsungsdraht nach *s*.) Diefs kann also auch hier als Regel gelten, wiewohl unter einer gröfseren Zahl von Ausnahmen als im obigen Fall, da die Erfahrung häufig genug auch solche Beispiele zeigt, bei welchen die Energie der primitiven Tendenzen zwischen den Flüssigkeiten eine Thätigkeitsrichtung in ihrem Sinne erzwingt, indem sie die Relationen zu dem Metall überbietet. Dabei ist es schwer oder geradehin unmöglich unter bestimmten Bedingungen anders als durch die Erfahrung zu entscheiden, welcher von beiden Erfolgen stattfinden werde, da z. B. eine gröfsere Concentration der Säure im Factor *s* mit der Energie der primitiven Tendenzen auch diejenige der Metallrelation erhöht, und daher der Ausschlag einmal in einem, ein ander Mal in entgegengesetztem Sinn zur Folge haben kann. Ja nicht selten zeigt die Erfahrung unter völlig gleichen Bedingungen diese Ambiguität unmittelbar dadurch, dafs beide Erfolge in ver-

schiedenen Perioden desselben Processes abwechselnd und mit nicht geringer Kraft auftreten. Wenn der Procefs im Sinne der primitiven Flüssigkeitstendenzen begonnen hat, so geht theils in Folge ihrer Ausgleichung, theils vermöge der Ladung die Wirkung häufig bald auf Null zurück, um in das Gegentheil überzuschlagen. Bei dem allen jedoch stellt sich in der Mehrzahl der Ausschläge und Endergebnisse auch hier das vorhin angegebene Verhalten als Regel heraus, und man kann demnach die für die folgende Erörterung zum Grunde zu legende Bestimmung nach der Mehrzahl der Ergebnisse so zusammenfassen, dafs in einer geschlossenen einfachen Kette der zweiten Art die Thätigkeitsrichtung bei einem überwiegend negativen Metall in der Regel im Sinne der primitiven gegenseitigen Tendenzen der beiden Flüssigkeiten erfolge, dafs sie hingegen bei einem überwiegend positiven Metall in der Regel im Sinne der Tendenz des Säurefactors zu dem Metall stattfinde. Diefs vorausgesetzt, sey Fig. 10 Taf. II die zu betrachtende Combination nach der beigefügten Zeichnung aus den beiden getrennten Flüssigkeiten *s* und *a*, dem Platinbogen *zz* zusammengesetzt. Es bietet sich demnächst der Gesichtspunkt dar, sie als zwei einfache Ketten der ersten Art zu betrachten, die durch einander geschlossen seyen, und von denen eine oder die andere durch das Uebergewicht ihrer Wirkung die gemeinsame Thätigkeitsrichtung beider bestimmen. Dieser Ansicht aber, aufserdem dafs sie von Anfang an unter schwankenden Bestimmungen und mit Veranlassung unabsehlicher Discussionen aufgestellt worden ist, steht insbesondere auch das entgegen, dafs sie die Möglichkeit der Schliefsung einer einfachen Kette der ersten Art ohne Metallcontact statuirt, was, wie ich unten noch kürzlich zeigen werde, im Allgemeinen sowohl als auch in der speciellen Annahme, dafs ein Funke noch vor dem Contact die Schliefsung bewirken könne, keineswegs zulässig ist. Nichts

destoweniger ist diese Voraussetzung nicht nur von Gegnern der Volta'schen Theorie gemacht, sondern auch von den Anhängern derselben beibehalten worden, wie denn namentlich auch die sonst schätzbare Beobachtungen liefernde Arbeit des Hrn. Prof. Poggendorff über diesen Gegenstand (Annal. Bd. XXXXIX S. 31 ff.) ganz aus dem nämlichen Gesichtspunkt unternommen worden ist. Wie ist es aber zu verstehen und wie kann man sich dabei beruhigen, wenn es in diesem Sinn z. B. heifst, dafs wenn *s* Salzsäure, *a* aber Wasser ist, die Kette aus Wasser, Zink und Platin in ihrer Wirkung die andere aus der Säure und den nämlichen Metallen überwältige? Denn es ist eine unabweisliche Folgerung hieraus, dafs dann auch ceteris paribus die Wasserkette, für sich geschlossen, eine gröfsere Ablenkung als die andere mit der Säure hervorbringen müfste, da Verschiedenheiten der Reaction (des Widerstandes), wenn sie vorhanden wären, begreiflich zu den erfahrungsmäfsigen Erfolgen in diesem Fall in gar keinem Verhältnisse stehen, um jene Umkehrung vermitteln zu können. Die Voraussetzung also, die auf solche Widersprüche führt, hebt sich, abgesehen davon, dafs sie noch aufserdem so viel gegen sich hat, schon durch sich selbst auf. Dagegen zeigt es sich auf den ersten Blick als die sachgewisse Ansicht, dafs diese Combination zwar eine Doppelkette bilde, aber so, dafs sie nicht aus zwei Ketten der ersten, sondern aus zwei einfachen Ketten der zweiten Art zusammengesetzt sey. Oder mit andern Worten: die Gränzlinie im Profil der beiden Ketten ist nicht die Linie *bc* durch die Mitte der beiden Metallbogen, sondern die Linie *def* durch die Mitte der beiden Flüssigkeiten. Wenn hiemit die vorhin über die normale Thätigkeitsrichtung in den Ketten der zweiten Art ausgesprochene Bestimmung vereinigt wird, so liegen die Erfolge alsbald klar und entschieden vor Augen. Nehmen wir z. B. eben jene Bedingungen der bekannten

Faraday'schen Kette, dafs *s* eine diluirte Schwefelsäure und *a* Jodkalium sey, so ist in der aus diesen beiden Factoren und dem Platin gebildeten Kette die Säure gegen das Metall als Desoxydationsfactor, durch Entbindung des Hydrogens, das Jodkalium als Oxydationsfactor, durch Ausscheidung des Jods, thätig. (Der Strom geht, wie die Pfeile der Zeichnung andeuten, von *s* durch *pp* nach *a*.) Diese Wirkungen, zunächst als Tendenzen gefafst, werden sich also unter entsprechender Thätigkeitsrichtung der zweiten aus denselben Factoren und dem Zink bestehenden Kette realisiren. Wäre in dieser Kette die Thätigkeitsrichtung, so wie bei der Platinkette, im Sinne der primitiven Tendenzen der flüssigen Factoren, dafs mithin die Säure ebenfalls gegen das Metall als Oxydationsfactor aufträte, so wären die Thätigkeitsrichtungen in beiden Ketten entgegengesetzt, und es würde Stillstand oder nur Wirkung unter dem Uebergewicht der einen von beiden erfolgen. Bei angemessenem Grade der Concentration aber wendet sich die Säure sogleich als Oxydationsfactor gegen das Zink und mit der in diesem Sinn entschiedenen Thätigkeitsrichtung greift nun die Wirkung dieser Zinkkette unter übereinstimmenden Polarisationsrichtungen in diejenige der Platinkette ein, dafs beide, eine sich durch die andere schliefsend, die den Tendenzen entsprechenden Effecte in gemeinsamer Action realisiren. (In der Zinkkette geht der Strom, wie die Pfeile andeuten, von *a* durch *zz* nach *s*, in gleichem Sinn mit dem Strom der Platinkette.) Ohne hier in weitere, durch den Raum verbotene Erörterungen und Vergleichungen einzugehen, glaube ich also schon durch Obiges den zum Verständnifs der Wirkung gehörigen Gesichtspunkt bei der so viel besprochenen Faraday'schen Combination darin nachgewiesen zu haben, dafs diese Wirkung in ihrem normalen Verlauf nicht das Uebergewicht von einer Partialwirkung über die andere, sondern die Summe derselben

darstellen, und dafs diese Partialwirkung nicht zwei einfachen, ohne Metallcontact geschlossenen Ketten der ersten, sondern zweien Ketten der zweiten Art angehören.

Was die Unmöglichkeit der Schliefsung einer einfachen Kette der ersten Art vor ihrem Metallcontact anbetrifft, so wird dafür nun, nach der obigen Deduction, die folgende Nachweisung schon ausreichend seyn. Wenn die beiden Metalle der Kette durch metallische Fortsetzungen mit einer zweiten Flüssigkeitsschicht, die von der ersten getrennt ist, in Berührung treten, so kann die daraus resultirende galvanische Wirkung nicht der ursprünglich gegebenen einfachen Kette der ersten Art zugeschrieben werden, sondern sie ist als Summe oder Differenz die gemeinschaftliche Wirkung von zwei andern Ketten, ganz nach der Analogie derjenigen der Faraday'schen Combination, die aber, je nachdem die zweite Flüssigkeit und die metallischen Fortsetzungen von der ursprünglich gegebenen Flüssigkeit und den Metallen respective verschieden sind oder nicht, Ketten der ersten, der zweiten oder der dritten Art seyn können. Hiernach ist es z. B. nicht richtig, wenn es heifst, dafs eine Zink-Eisenkette, die bei gleichen Dimensionen stärker als eine Zink-Kupferkette sey, dennoch von letzterer überwältigt werde, wenn sie mit ihr in entgegengesetztem Sinn zu einem System verbunden wird. Das Resultat der Vereinigung in diesem Falle, wo einerseits die homogene Zink-Zink-Kette entsteht, ist vielmehr die Wirkung der andererseits gebildeten Eisen-Kupfer-Kette, deren Thätigkeitsrichtung im Sinne der Zink-Kupfer-Kette stattfindet, und daher nur den Schein jener prädicirten Ueberwältigung darbietet. Findet aber zwischen den beiden Flüssigkeiten so wenig als zwischen den Metallen und ihren Fortsetzungen ein specifischer Unterschied statt, so kann nur Wirkung entweder durch zufällige Differenz in der chemischen Disposition oder durch eine Differenz in der Gröfse der Berührungsflächen (letzteres

freilich wieder als ein für die elektromotorische Contacttheorie unauflösliches Problem) eintreten, die indefs auch hier nicht als die Wirkung der ursprünglichen einfachen Kette gelten kann, sondern jedenfalls den beiden andern, auch unter diesen Umständen zu Stande kommenden Partialketten angehört.

Der Schliefsungsfunke endlich, so oft er an der einfachen Kette der ersten Art vor dem Metallcontacte erscheint, gehört eben so wenig dieser Kette als solcher an, sondern erklärt sich lediglich nach demselben Princip wie die eben betrachteten Fälle; er ist nichts als ein modificirter Erfolg in der Wirkung von zwei auch hier zu Stande kommenden Partialketten unter der Bedingung, dafs eine hinlänglich dünne Luftschicht die Stelle des zweiten flüssigen Factors vertritt, und, nach ihrer Eigenthümlichkeit zwar, aber zugleich nach dem Grundgesetz der chemischen Bipolarität der Factoren, dessen Functionen vollführt.

Breslau, den 4. November 1841.

VI. *Ueber die Dimorphie des Iridiums.*

Nach den Untersuchungen von **Berzelius** [1]) kommen am Ural drei Verbindungen des Iridiums mit dem Osmium vor, nämlich Verbindungen von 1 Atom Iridium mit 1, 3 und 4 Atomen Osmium. Diese Verbindungen unterscheiden sich durch Farbe, specifisches Gewicht und Verhalten vor dem Löthrohr sehr bedeutend von einander, haben aber nichts desto weniger alle eine gleiche Krystallform, wie aus meinen Beobachtungen hervorgeht [2]),

1) Vergl. Poggendorff's Annalen, Bd. XXXII S. 232.

2) A. a. O. Bd. XXIX S. 452.

indem sie nämlich sämmtlich Combinationen eines und desselben Hexagondodecaëders mit der geraden Endfläche und dem ersten sechsseitigen Prisma sind. Hieraus folgt aber, daſs Iridium und Osmium nicht allein isomorph sind; sondern auch daſs ein jedes dieser Metalle für sich allein in derselben 3- und 1-axigen Form krystallisiren müsse, in der die Verbindungen unter einander erscheinen. Iridium und Osmium verhalten sich also wie Gold und Silber, nur mit dem Unterschied, daſs diese letzteren Metalle in der Natur in unbestimmten Proportionen, die ersteren, so viel man bis jetzt weiſs, stets in bestimmten Proportionen mit einander verbunden sind.

Nach der Analyse von Svanberg [1]) ist das gediegene Iridium eine Verbindung von Iridium mit etwa 20 Proc. Platin, seine Krystallform, nach Breithaupt [2]), das Hexaëder, was ich zu bestätigen Gelegenheit hatte. Diese Form ist aber übereinstimmend mit der des gediegenen Platins von Nischne-Tagilsk, das, wie Breithaupt gezeigt hat [3]), ebenfalls in Hexaëdern krystallisirt, und, nach Berzelius [4]), gröſstentheils aus Platin mit 2 bis 5 Proc. Iridium und 11 bis 13 Proc. Eisen besteht, ohne der geringen Mengen der andern Metalle zu gedenken. Hieraus folgt wiederum, daſs das Iridium mit dem Platin isomorph und die Form beider für sich allein das Hexaëder ist; welche Form bekanntlich dem Eisen ebenfalls zukommt.

Das Iridium ist also isomorph, und im Stande nach den Umständen in Hexaëdern oder Hexagondodecaëdern zu krystallisiren. Da aber, wie Berzelius [5]) gezeigt

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXIV S. 379.

2) A. a. O. S. 377.

3) A. a. O. Bd. VIII S. 500.

4) A. a. O. Bd. XIII S. 564.

5) A. a. O. S. 468 und 531.

hat, die Chloride aller dieser drei Metalle, des Iridiums, Platins und Osmiums mit dem Chlorkalium Verbindungen eingehen, die isomorph sind, indem sie alle eine gleiche Zusammensetzung haben, die durch die Formel $KCl^2 + RCl^4$ (wobei R Iridium, Platin und Osmium bezeichnet)[1]) ausgedrückt wird, und ferner auch ihre Krystallform übereinstimmt, die bei allen das reguläre Octaëder ist, so ist es wahrscheinlich, dafs eben so wie Iridium auch Platin und Osmium dimorph, und zwar, um mit Johnston zu reden, isodimorph sind.

Wir kennen demnach mit Gewifsheit schon drei einfache Körper, welche dimorph sind, nämlich aufser dem Iridium, die Kohle und den Schwefel; aber das Iridium ist der erste dimorphe Körper, der unter den Metallen uns bekannt wird. Muthmafslich gehören hierher noch das Platin und Osmium; wollte man aber muthmafslich dimorphe einfache Körper anführen, so würde sich ihre Zahl noch sehr vermehren lassen.

Gustav Rose.

VII *Berichtigung einer Angabe des Hrn. Prof Breithaupt, den Herderit betreffend; von W. Haidinger.*

Treu dem Linné'schen Grundsatze: *Finis naturam adcuratius delineare*, habe ich stets vor Augen gehabt, in jedem Aufsatze wenigstens eine kleine neue Beobachtung mitzutheilen. Diesesmal ist meine Absicht jedoch rein persönlich. Das mineralogische Publicum möge mir seine Nachsicht darum nicht entziehen. Ein Angriff des

1) Man kann hierzu auch noch das Palladium zählen, welches, nach Berzelius, dasselbe Doppelsalz mit derselben Form liefert. (Poggendorff's Annalen, Bd. XIII S. 457.)

Hrn. Prof. Breithaupt ist es, der mich zu dem gegenwärtigen zwingt.

Meine Beschreibung des Herderits erschien in dem *Philosophical Magazine and Annals of Philos. Vol. IV p.* 1, und daraus in Poggendorff's Annalen, Bd. XIII S. 502.

Es sey mir erlaubt, die darin erzählte Geschichte der Entdeckung der Species aus der in den letzteren enthaltenen Uebersetzung wörtlich anzuführen:

»Ich untersuchte die Charaktere dieser Species im Sommer 1823, machte aber die Beschreibung nicht bekannt, weil icht hoffte fernere Beobachtungen an anderen Varietäten derselben Species anstellen zu können, was sich aber nicht verwirklicht hat. Das einzige bis jetzt bekannte Exemplar vom Herderit befindet sich im Werner'schen Museum zu Freiberg. Es wurde mir von Hrn. von Weissenbach, damaligem Aufseher des Museums, gezeigt, als Krystalle enthaltend, deren Form nicht genau auf die des Apatits, unter welchem sie sich gefunden hatten, bezogen werden konnte. Die Verschiedenheit im Ansehen der Flächen *p* und *t*, von denen die ersteren glatt oder parallel ihren Intersectionen mit *P* nur schwach gestreift waren, während die letzteren sich körnig ergaben, zeigte, dafs die Gestalten nicht zum rhomboëdrischen, sondern zum prismatischen System gehörten; ich nahm keinen Anstand, das Mineral für ein neues zu erklären, und ersuchte, es mich näher untersuchen zu lassen, was mir auch bereitwillig gestattet wurde. Hr. Breithaupt, der damals gegenwärtig war und früher selbst das Exemplar im Werner'schen Kabinet aufgestellt hatte, erklärte gleichfalls die Species für neu.«

Hr. Prof. Breithaupt begleitete in der dritten Auflage seiner *Vollständigen Charakteristik des Mineralsystems* [1]) dieselbe Species, unter dem Namen Allogonit, mit der Anmerkung: »Unter diesem Namen habe

1) 1832, S. 87.

ich schon seit 8 Jahren dieses von mir entdeckte Mineral in meinen öffentlichen Vorlesungen berücksichtigt.« Unbefangene Leser mufsten aus dieser Aeufserung den Hrn. Prof. Breihaupt für den Entdecker der Species, mich für einen Plagiarius halten, wie denn auch Hr. Prof. Glocker in seinen Mineralogischen Jahresheften [1]) anführt: »Den Herderit nennt Breithaupt Allogonit, unter welchem Namen er dieses von ihm entdeckte Mineral schon in seinen Vorlesungen erwähnt hatte; daher denn diesem Namen allerdings der Vorzug vor dem ersteren gebührt.«

Ich zauderte damals, eine Entgegnung bekannt zu machen. Ich war in einer technischen Beschäftigung in die Verhältnisse eines Dilettanten getreten, in welchem ich nicht mehr wie früher in der Mineralogie wirkte; und ich verliefs mich also auf den Fleifs künftiger Literatoren, die ja doch am Ende die Quellen vergleichen und das Wahre herausfinden würden.

Hr. Prof. Breithaupt erneuert aber nun, oder verstärkt vielmehr seinen Angriff in seinem neuesten *Vollständigen Handbuche der Mineralogie* [2]) durch den *Anhang* zu seinem *Allogonites Herderi*, *kürzer Herderit:* »Diefs Mineral war von mir, unter Apatiten aufgefunden, sogleich für eine besondere Species erkannt worden. Hr. Haidinger hatte später einen Krystall gemessen. Ich hatte es seit mindestens 15 Jahren unter dem ersten Namen in meinen Vorträgen erwähnt, wollte aber mit der Bekanntmachung bis zur chemischen Kenntnifs davon Anstand nehmen.«

Diefs ist doch zu — deutlich, als dafs ich es noch ungerügt hingehen lassen dürfte. Auch finde ich mich in einer anderen Stellung als damals, in einer professionellen, und ich würde ein Unrecht eingestehen, wel-

1) Bd. I und II, Heft 1833.

2) II. Bandes I. Abthl. 1841, S. 276.

ches ich nicht begangen habe, wollte ich zu den immer verletzenderen Beschuldigungen schweigen.

Von meinen früheren Angaben über die Erkennung des Herderits als eigene Species durch mich nehme ich kein Wort zurück; möge Hr. Prof. Breithaupt sich doch der Umstände erinnern. Das Stück lag unter den Apatiten in der Werner'schen Sammlung. Hr. Geheime Finanzrath von Weissenbach, damals Custos dieser Sammlung, bemerkte mir, dafs die Flächen der Krystalle nicht wohl auf die des Apatits bezogen werden könnten. Hr. Prof. Breithaupt *war gegenwärtig, und äufserte gar keine Bemerkung*. Nachdem ich das schöne Stück mit Aufmerksamkeit, und ich kann hinzusetzen, mit dem eigenthümlichen Eifer betrachtet hatte, der die Aussicht auf eine Entdeckung begleitet, sprach ich in Gegenwart beider Herren die specifische Selbstständigkeit der neuen Species aus. Hr. Prof. Breithaupt konnte nicht anders als sie gleichfalls anerkennen; er erzählte nun, dafs er das Stück früher *selbst besessen*, es aber an Werner abgetreten habe. Hätte er nun die Eigenthümlichkeit der Species früher anerkannt, er würde sicher nicht abgewartet haben, bis ich in seiner Gegenwart, vor einem Zeugen, dessen Competenz gewifs unverwerflich ist, diese Eigenthümlichkeit ohne Rückhalt erklärte; er wäre gewifs vorher schon zu mir getreten und hätte gesagt: »Da habe ich auch eine neue Species unter dem entdeckt, was Jedermann früher für Apatit gehalten hatte,« und die Rolle des Bestätigers wäre mir zugefallen. *Diefs hat er aber nicht gethan.* Auch erlaubte *mir* Hr. von Weissenbach auf meine Bitte das Stück nach Hause zu nehmen, und seine Form und andere Eigenschaften genauer zu untersuchen, was gewifs Hr. Prof. Breithaupt, wäre er der erste Entdecker — nicht des Stücks, sondern der Species gewesen, sich nicht hätte nehmen lassen. Meine Untersuchung wurde ja in diesem Falle überflüssig, und ich hätte dann wohl überhaupt vom Her-

derit erst durch den Druck Kenntnifs erhalten, durch den dieser ausgezeichnete Mineralog so viele neue Arbeiten und Bestimmungen bekannt gemacht hat. Durch die Untersuchung glaubte ich mir aber ein besseres Recht zur Aufstellung der Species zu begründen. Das Resultat meiner Untersuchung wurde in Manuscript mit dem zurückgestellten Exemplar des Herderits in die Sammlung gelegt, und ist vielleicht noch dabei vorfindig. Alles diefs im Sommer 1823; im Herbste desselben Jahres vertauschte ich meinen Aufenthalt in Freiberg mit einem mehrjährigen in Edinburgh. Einen Namen gab ich der Species damals nicht, und ich würde vielleicht noch länger die Bekanntmachung verschoben haben, wenn nicht mein Freund Gustav Rose, dem ich bei meinem Aufenthalt in Berlin 1825 meine Beobachtungen mittheilte, mich besonders dazu aufgefordert hätte. Diefs und der Wunsch eine schöne sächsische Species der Erinnerung des damaligen verdienten Montanistischen Chefs dieses bergbautreibenden Landes, und meines langjährigen Gönners und Freundes zu weihen, veranlafste den Aufsatz über den Herderit.

Ich kann daher mit Grund behaupten:

1) Dafs Hr. Prof. Breithaupt diese Species für Apatit hielt, bis er das Gegentheil aus meinem Munde hörte.
2) Dafs er mit den Abmessungen und anderen Eigenschaften derselben erst bekannt wurde, seitdem er sie von meiner Hand geschrieben lesen konnte.

An der Aufstellung und Bestimmung der Species des Herderits hat also Hr. Prof. Breithaupt keinen Antheil. Doch besafs er das Exemplar einst selbst, und nachdem die Species von mir erkannt und beschrieben worden war, legte er ihr den Namen Allogonit bei, der sich sogar auf die von mir aufgefundene Winkelverschiedenheit bezieht.

Wenn ich nun die Insinuation des Plagiums von

mir im Wege der Vertheidigung zurückgewiesen habe, so wünsche ich doch auch, nicht geradezu umgekehrt Hrn. Prof. Breithaupt eines ähnlichen absichtlichen Eingriffs zu beschuldigen. Ich ziehe gern eine andere Ansicht der Sache vor. Hat er doch vor vielen Mineralogen eigenthümliche Arbeiten und Bestimmungen genug geliefert, um nicht veranlafst zu seyn, Fremdes unter seinem Namen bekannt zu machen. Ich glaube vielmehr, dafs eine seltsame Verwechslung des früheren Besitzes von diesem Stück mit dem wissenschaftlichen Eigenthum einer aufgestellten Species bei einem nicht ganz treuen Gedächtnisse diese ungegründete, mir gewifs sehr peinliche Reclamation einer Priorität von Seiten des Hrn. Prof. Breithaupt's hervorgebracht hat.

Vielleicht sollte ich noch einige Worte beifügen, über die in dem gegenwärtigen Falle angewendete Gewohnheit des Hrn. Prof. Breithaupt, die von andern Mineralogen vorgeschlagenen Namen, nicht etwa durch systematische Benennungen allein, zu ersetzen; doch begnüge ich mich hier, um nicht diese Annalen, den Schauplatz für Thatsachen, mit Wortstreit zu erfüllen, damit, Hrn. Prof. Breithaupt bei seinen Angriffen die classische Betrachtung in's Gedächtnifs zu rufen: *Caedimus, inque vicem praebemus crura sagittis.*

VIII. *Ueber Kupfermanganerz, schwarzen Erdkobalt und Psilomelan, als Glieder einer besonderen Gruppe von Mineralien;*
von C. Rammelsberg.

Schon die äufsere Beschaffenheit und das Vorkommen dieser drei in der Ueberschrift genannten Mineralien zeigt eine unverkennbare Uebereinstimmung. Sie erscheinen als durchaus unkrystallinische Bildungen, in Gestalt kugeliger und traubenförmiger Massen, und eine nähere Untersuchung der einzelnen Zusammensetzungsstücke lehrt, dafs das Innere derselben nicht, wie die Mineralien von Glaskopfstructur, eine auseinanderlaufend faserige Textur besitzt, sondern aus concentrischen Schalen besteht, die auf eine allmälige Bildung, auf ein successives Fortwachsen hindeuten. Körper dieser Art sind ohne Zweifel keine primitiven Erzeugnisse, sondern verdanken ihren Ursprung anderen in der Nähe befindlichen Substanzen, aus deren Bestandtheilen sie sich unter Einflufs von Luft und Wasser gebildet haben. Diese Ansicht wird um so wahrscheinlicher, wenn man findet, dafs die in Rede stehenden Mineralien sämmtlich wasserhaltige Verbindungen sind, welche die Metalle, woraus sie bestehen, zum gröfsten Theil in einem sehr oxydirten Zustande enthalten.

Bei Substanzen dieser Art ist es im Allgemeinen weniger wahrscheinlich, in ihnen einzelne chemische Verbindungen zu finden; vielmehr darf man voraussetzen, dafs die Zersetzung, der sie ihren Ursprung verdanken, einerseits in ihren einzelnen Theilen ungleich vorgeschritten sey, und dafs sie selbst Antheile der ursprünglich veränderten Substanzen einschliefsen, welche sich von der übrigen Masse nicht trennen lassen. Indessen haben

sowohl die Analysen, welche ich mit jenen drei Mineralien angestellt hatte, als auch die Untersuchungen Anderer, zu dem Resultat geführt, dafs sie sämmtlich eine entsprechende und selbst ziemlich einfache Mischung besitzen, wodurch ihre Gruppirung auch von chemischer Seite gerechtfertigt ist.

I. Kupfermanganerz.

Beim Glühen giebt es viel Wasser, welches geringe Spuren von Ammoniak enthält. Vor dem Löthrohr schmilzt es in der äufseren Flamme zu einer Kugel, und färbt jene dabei grün; auf Kohle schmilzt es zu einer schlakkigen Masse. Mit den Flüssen giebt es die Reactionen des Kupfers und Mangans.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es schon in der Kälte, schneller jedoch beim Erwärmen unter Chlorentwicklung zu einer braunen, später grünlichen Flüssigkeit aufgelöst.

Nach Kersten giebt das Kupfermanganerz von Schlackenwalde beim Glühen keine Spur Ammoniak, und auf Kohle verändert es sich vor dem Löthrohr, mit Ausnahme einer dunkleren Farbe, nicht.

Kersten [1]) fand in dieser Varietät:

Manganoxyd	74,10
Kupferoxyd	4,80
Eisenoxyd	0,12
Gyps	1,05
Kieselsäure	0,30
Wasser	20,10
	100,47.

Er betrachtete es als ein mit Kupferoxyd gemengtes Manganoxydhydrat von der Formel $\ddot{M}n + 2\dot{H}$, während Berzelius [2]) mit Recht bemerkte, dafs das Kupferoxy-

1) Schweigg. Journ. Bd. LXVI S. 3.
2) Jahresbericht, No. XIII S. 163.

darin ohne Zweifel in chemischer Verbindung mit dem Manganoxyd enthalten sey, und die Formel

$$(\dot{Cu}\dddot{\overline{Mn}} + 9\dot{\overline{H}}) + 3(\dddot{\overline{Mn}}^2 + 3\dot{\overline{H}})$$

in Vorschlag brachte (nicht $\dot{Cu}\dddot{\overline{Mn}}^3$, wie a. a. O. in Folge eines Druckfehlers steht, worauf v. Kobell zuerst aufmerksam gemacht hat).

Die sogleich mitzutheilenden Versuche mit dem Kupfermanganerze von Kamsdorf weichen indessen, wiewohl sie unter sich sehr gut stimmen, von jenen Zahlen bedeutend ab, und fand sich der Kupfergehalt 3 bis 4 Mal gröfser. Aufserdem aber ergab sich ein gröfserer Sauerstoffgehalt, so dafs sie keine Vergleichung mit Kersten's Analyse zulassen.

Analyse des Kupfermanganerzes von Kamsdorf bei Saalfeld.

Ueber das Vorkommen dieses Minerals hat Herr Bergamtsassessor Tantscher zu Kamsdorf nähere Nachricht gegeben, demzufolge es im Jahre 1838 auf dem vorzugsweise Kupfererze führenden Kronprinzgange des Kamsdorfer Reviers sich zuerst fand. Dieser Gang gehört zu denjenigen gangartigen Lagerstätten des älteren Flötzkalkgebirges, welche Hr. Tantscher bereits in Karsten's Archiv, Bd. XIX der älteren Reihe, und Bd. VII der neueren Folge, beschrieben hat. Er führt hauptsächlich Kupferkies, aufserdem Malachit und Kupfergrün, Rothkupfererz, Ziegelerz, Kupferbraun und in kleinen Parthien selbst gediegen Kupfer. Diese Erze kommen jedoch nicht sämmtlich mit und unter einander vor, sondern sind an gewisse Schichten des Flötzgebirges und an gewisse Teufen gebunden. Zu unterst am bituminösen Mergelschiefer und einige Lachter über demselben, werden die Kupferkiese, in höheren Teufen, im Eisensteinflötz oder den dasselbe vertretenden Schichten, die Kupfersalze und Oxyde gefunden, und mit diesen war auch das Vorkommen des Kupfermanganerzes in der Art verbunden, dafs es für *sich*, von den anderen Erzen ge-

trennt, in kleinen flachen Höhlen lag, welche im Hangenden des Ganges aufsetzten. Dieses relativ höhere oder tiefere Vorkommen der genannten Fossilien ist so constant, dafs es selbst beim Betrieb des dortigen Bergbaues leitet, indem man, wenn beim Ortsbetriebe oder Abbau die oxydirten Verbindungen sich zeigen, mit Bestimmtheit darauf rechnen kann, dem Ende des Ganges oder wenigstens der Niederziehung der Schichten nach der Höhe zu nahe zu seyn.

Aehnliche Verhältnisse zeigen die übrigen Gänge des Kamsdorfer Reviers, wie z. B. die Kobaltgänge des Rothenbergs, in denen der schwarze und braune Erdkobalt die oberen Teufen, Speifskobalt die unteren einnimmt.

Es ist klar, dafs die Entstehung des Kupfermanganerzes nicht allein im Kupferkies zu suchen ist, sondern es müssen aufserdem noch Manganerze oder überhaupt Manganverbindungen vorhanden seyn.

Aufserdem führt der Kronprinzgang auf einem, jedoch im Streichen von dem Hauptgange sehr abweichenden Nebentrumm, aufser den genannten Kupfererzen auch Kobalt, Kupfernickel, Arsenik- und Schwefelkies, so wie ferner *Schwefelnickel* (Haarkies) in dünnen, büschelförmig auseinanderlaufenden Nadeln, und *Arseniknickel* ($NiAs^2$), welche ich beide der Güte des Hrn. Tantscher verdanke, und die sich bei der vollständigen quantitativen Untersuchung als solche ergeben haben.

A. Beim Trocknen über Schwefelsäure verliert das Kupfermanganerz schon einen Theil Wasser, der in einem Versuch 7,69 Proc. betrug, und bei Anwendung des Vacuums bis auf 9,33 Proc. stieg.

B. Im Wasserbade betrug der Verlust in drei Versuchen 7,22 — 8,03 — 8,65 Proc., aber beim Stehen an der Luft zieht das getrocknete Erz einen Theil des Wassers wieder an.

Beim Glühen an offener Luft in einem Platinschälchen nimmt das Pulver eine bläulichschwarze Färbung an, und verliert dabei 20,57 Proc. (Wasser und Sauerstoff) an Gewicht.

Das gepulverte Erz, in einer kleinen Retorte geglüht, lieferte 14,46 Proc., und in einem anderen Versuche 15,13 Proc. Wasser, welches in einer Vorlage, die zum Theil mit Chlorcalcium gefüllt war, aufgesammelt wurde.

In einem Strom von Wasserstoffgas über der Lampe mit doppeltem Luftzuge geglüht, hinterliefs es eine durch reducirtes Kupfer braunroth gefärbte Masse, am Gewicht 68,55 Proc. des Erzes. In drei verschiedenen Versuchen wurde die dabei entwickelte Wassermenge direct bestimmt, und =28,89—28,96—28,85 Proc. gefunden.

Ein Theil feines Erzpulver wurde nach der Methode von Fuchs mittelst Chlorwasserstoffsäure und metallischen Kupfers untersucht, wobei sich eine Portion des Letzteren auflöste, welche 9,14, und in einem zweiten Versuche 9,74 Proc. des Erzes an Sauerstoff entsprach.

Zu gleichem Zweck wurde eine andere Portion in einem Kolben mit Chlorwasserstoffsäure erhitzt, und das Chlorgas in eine mit schwefliger Säure gesättigte Chlorbaryumlösung geleitet. Aus dem gebildeten schwefelsauren Baryt ergaben sich 8,91 Proc. Sauerstoff, natürlich weniger als im vorigen Versuche, weil dort aufser dem Sauerstoff des zu Oxydul reducirten höheren Manganoxyds auch der hinzukommen mufste, welchen das im Erze enthaltene Kupfer- und Eisenoxyd mehr enthält als die Oxydule dieser beiden Metalle.

H. Bei der ausführlichen Untersuchung des Erzes wurde folgendes Resultat erhalten, dem ich zwei Analysen anreihen will, welche Hr. Dr. Böttger,

der sich mit dem Kupfermanganerz gleichfalls beschäftigt hat, ausführte und mir freundschaftlichst mittheilte:

		Böttger 1.	Böttger 2.
Manganoxydul	49,99	53,21	54,22
Kupferoxyd	14,67	16,85	16,04
Eisenoxyd	4,70	1,87	1,87
Kalkerde	2,25	2,85	4,41
Baryterde	1,64	1,69	1,90
Talkerde	0,69	—	—
Kobalt- und Nickeloxyd	0,49	0,14	0,13
Kali	0,52	0,64	0,64
Kieselsäure	2,74	—	—
Sauerstoff	8,91 (nach G.)	—	—
Wasser	14,46	16,94	16,94
	101,06.		

Ohne Zweifel sind nicht alle diese Bestandtheile wesentlich, insbesondere die Kieselsäure und das Eisenoxyd, welches als Brauneisenstein das Erz durchzieht, und sich nicht vollkommen davon trennen liefs. Der Kalk ist indessen nicht als kohlensaurer Kalk vorhanden, eben so wenig als Gyps, wegen Anwesenheit des Baryts.

Zieht man nun für 4,7 Eisenoxyd 0,81 Wasser ab, um $\dddot{F}e^2 \dot{H}^3$ zu bilden, so bleiben noch 13,65 Wasser übrig.

Die Sauerstoffmenge beträgt mehr, als 50 Manganoxydul erfordern, um sich in Oxyd zu verwandeln (nämlich nur 5,7 Proc.) und weniger als zur Umwandlung in Superoxyd gehören (wozu 11,2 Proc. erforderlich sind). Nimmt man indessen an, es sey 1 At. Manganoxydul gegen 9 At. Mangansuperoxyd vorhanden, und berechnet man die Sauerstoffmengen in dem ersteren, so wie in den übrigen, 1 At. Sauerstoff enthaltenden Oxyden,

indem man sie mit dem Sauerstoffgehalt des Superoxyds und des Wassers vergleicht, so erhält man:

		Sauerstoff.	
5,00	Manganoydul	=1,12	
14,67	Kupferoxyd	=2,95	
2,25	Kalkerde	=0,63	
1,64	Baryterde	=0,17	5,32
0,49	Kobaltoxydul	=0,10	
0,69	Talkerde	=0,27	
0,52	Kali	=0,08	
55,09	Mangansuperoxyd	=	20,18
13,65	Wasser	=	12,13

Diese Sauerstoffmengen verhalten sich fast wie 1 : 4 : 2, besonders wenn etwas Wasser, wie nicht zu zweifeln, hygroskopisches ist, und dann erhält man für das Kupfermanganerz die Formel:

$$\dot{R}\ddot{M}n^2 + 2\dot{H},$$

worin R vorzugsweise = Manganoxydul, Kupferoxyd, Kalk und Baryt ist.

II. Schwarzer Erdkobalt.

Aufser den älteren unvollständigen Analysen von Klaproth und von Döbereiner scheinen keine bekannt geworden zu seyn.

Ich benutzte zu der Untersuchung die Varietät von Kamsdorf, von welcher Hr. Tantscher mir möglichst reine Stücke mitgetheilt hatte.

Von Chlorwasserstoffsäure wird das gepulverte Fossil schon in der Kälte angegriffen; die Flüssigkeit ist braun, nach dem Erhitzen, wobei viel Chlor entweicht, blau, und nach dem Verdünnen mit Wasser rosenroth. Dabei blieb etwas Kieselsäure zurück.

A. Beim Stehen über Schwefelsäure erlitt das Mineral einen Verlust von 4,28 Proc., der beim Glühen

25,14 Proc., betrug, und dann aufser in Wasser auch in etwas Sauerstoffgas bestand.

B. Beim Glühen in einer Retorte ergaben sich 21,24 Proc. Wasser, welche in einer Vorlage und Chlorcalciumröhre gesammelt worden waren.

C. Ein Theil des Minerals wurde in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, wobei etwas Kieselsäure zurückblieb. Aus der Auflösung fällte Schwefelsäure etwas schwefelsauren Baryt. Schwefelwasserstoffgas schlug sodann Schwefelkupfer nieder, welches Spuren von Zinn, Antimon und Blei enthielt, und auf die gewöhnliche Art, durch Auflösen in Salpetersäure und Fällen mit Kali, in Oxyd verwandelt wurde. Die mit Ammoniak übersättigte Flüssigkeit wurde sodann mit Ammoniumsulfhydrat ausgefällt, und in dem Filtrat Talkerde und Kali nach bekannten Methoden bestimmt.

Um Mangan, Kobalt und Eisen besonders zu bestimmen, wurde eine neue Portion des Erzes in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst und durch Schwefelwasserstoffgas vom Kupfer befreit. Die Flüssigkeit wurde sodann mit kohlensaurem Natron gekocht, und der blafsrothe, jene drei Metalle enthaltende Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst und das Ganze zur Trocknifs gebracht. Von den trocknen Chlormetallen wurde ein Theil in einem Strom von trocknem salzsauren Gas erhitzt, und da weder das Ganze noch der Rest sich wägen liefs, so wurde dieser in schwefelsaure Salze verwandelt, aus deren Totalgewicht sich später die Menge der einzelnen Metalle berechnen liefs, da dieselbe in der mit salzsaurem Gas behandelten Portion bestimmt wurde, in sofern man die Chlorüre nämlich in Wasserstoffgas erhitzte und dann mit Wasser behandelte, wobei Manganchlorür sich löste, welches durch kohlensaures Natron gefällt wurde, während Kobalt und Eisen metallisch zurückblieben, welche

in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst und mittelst kohlensaurem Baryt getrennt wurden.

D. Der Sauerstoffgehalt des Erzes wurde durch Auflösen in Chlorwasserstoffsäure und Einleiten des Chlors in eine mit schwefliger Säure gesättigte Chlorbaryumlösung zu 9,47 Proc. bestimmt.

Auf solche Art fanden sich, nach Abzug der Kieselsäure:

		Sauerstoff.	
Manganoxydul	40,05	8,98	
Kobaltoxydul	19,45	4,14	5,01
Kupferoxyd	4,35	0,87	
Eisenoxyd	4,56		
Baryterde	0,50		
Kali	0,37		
Sauerstoff	9,47		
Wasser	21,24	18,88	
	99,99.		

Bringt man 4,56 Proc. Eisenoxyd = 5,08 Eisenoxydhydrat in Abzug, so bleiben 20,72 Wasser = 18,42 Sauerstoff. Das Mangan ist, der angeführten Sauerstoffbestimmung zufolge, ganz als Superoxyd vorhanden. Sieht man von den geringen Mengen der Erden und des Kalis ab, so verhalten sich die Sauerstoffmengen vom Wasser, Superoxyd und den 1 At. Sauerstoff enthaltenden Oxyden fast = 4 : 4 : 1, so dafs man für den schwarzen Erdkobalt die Formel

$$\left.\begin{matrix}\dot{C}o\\ \dot{C}u\end{matrix}\right\} \ddot{M}^2 + 4\dot{H}$$

aufstellen kann.

Der *gelbe Erdkobalt* von Saalfeld ist ein dichtes oder erdiges *Gemenge* von wasserhaltigen arseniksauren Salzen des Eisenoxyds, Kobaltoxyduls und Kalks, und

enthält auch eine geringe Menge Antimon. Er ist unbezweifelt ein Product der Oxydation des Speiſskobalts.

III. Psilomelan.

Das von Haidinger mit diesem Namen belegte Manganerz ist von Turner und später von Fuchs untersucht worden, welcher Letztere statt des von Turner angegebenen Baryts in der von ihm analysirten Varietät einen Kaligehalt entdeckte.

Ich habe zur Untersuchung eine traubige Varietät von Horhausen im Siegenschen benutzt, welche der von Fuchs untersuchten aus dem Fichtelgebirge nahe gleich zusammengesetzt ist, und bei der ich Gelegenheit hatte, die von jenem genauen Beobachter angegebene Thatsache zu bestätigen, daſs sich nämlich das Kali nach dem Glühen des Fossils durch Wasser zum Theil ausziehen läſst, und zwar im kaustischen Zustande.

	Psilomelan von Horhausen.		Ps. aus dem Fichtelgebirge, nach Fuchs.
Manganoxydoxydul	81,364		81,8
Sauerstoff	9,182		9,5
Kali	3,044		4,5
Kupferoxyd	0,964	Wasser	4,2
Eisenoxyd	1,428		100.
Kalkerde	0,382		
Natron und Talkerde	0,321		
Kieselsäure	0,535		
Wasser	3,392		
	100,612.		

Die erste Analyse zeigt, mit Uebergehung der Nebenbestandtheile, folgende Sauerstoffverhältnisse:

		Sauerstoff.
Manganoxydul	75,70	= 16,97
Kali	3,04	= 0,515
Kupferoxyd	0,96	= 0,193
Wasser	3,39	= 3,01.

Es waren aufserdem 14,84 Proc. Sauerstoff gefunden, welche 66,2 Proc. Manganoxydul oder 81,04 Mangansuperoxyd entsprechen, so dafs noch 9,5 Proc. Manganoxydul übrig bleiben würden. Man hätte alsdann:

		Sauerstoff.	
Manganoxydul	9,50	= 2,13	
Kali	3,04	= 0,51	2,83
Kupferoxyd	0,96	= 0,19	
Mangansuperoxyd	81,04	=	29,68
Wasser	3,39	=	3,01.

Wenn man annehmen darf, dafs auch hier die Sauerstoffmengen von $\dot{R}$ und $\ddot{Mn}$ sich = 1 : 4 verhalten, so würden 48,3 Proc. Mangansuperoxyd beigemischt seyn, was nicht so unwahrscheinlich ist, wenn man weifs, dafs die traubigen Massen des Psilomelans fast nie homogen sind, und oft mit Pyrolusit concentrisch schalige Lagen bilden.

Berechnet man auf ähnliche Art Turner's Analyse des Baryt-Psilomelans von Schneeberg, so erhält man:

		Sauerstoff.
Manganoxydul	64,93	= 14,56
Sauerstoff	12,22	
Baryt	16,36	
Wasser	6,21	

oder:

		Sauerstoff.	
Manganoxydul	10,53	= 2,34	4,05
Baryt	16,36	= 1,71	
Mangansuperoxyd	66,62	=	22,44
Wasser	6,21	=	5,52.

Es würden hier 22,41 Proc. Mangansuperoxyd abzuziehen seyn; dann aber gilt für diese Varietät (Baryt-Psilomelan) wie für die erste (Kali-Psilomelan) der Ausdruck:

$$\dot{R}\ddot{M}n^2 + \dot{H}.$$

Das Kupfermanganerz, der schwarze Erdkobalt und der Psilomelan lassen sich also als Verbindungen von Mangansuperoxyd mit mehreren Metalloxyden betrachten, welche 1 At. Sauerstoff enthalten, in denen stets das erstere vier Mal so viel Sauerstoff wie diese enthält, während das gleichzeitig in diese Verbindungen eintretende Wasser in einem abweichenden, aber einfachen Verhältnifs zu jenen steht. Dafs man künstlich noch keine Verbindungen des Mangansuperoxyds mit Basen hervorgebracht hat, kann wohl kein Grund seyn, ihm die Fähigkeit, unter Umständen elektronegativ aufzutreten, absprechen zu wollen, welche mit den Grundsätzen der elektro-chemischen Theorie durchaus nicht streitet.

Es ist also;

Kupfermanganerz $= \dot{R}\ddot{M}n^2 + 2\dot{H}$,

worin $\dot{R}$ vorzugsweise Kupferoxyd, nächstdem Manganoxydul bedeutet.

Schwarzer Erdkobalt $= \dot{R}\ddot{M}n^2 + 4\dot{H}$,

worin $\dot{R}$ vorzugsweise Kobaltoxydul, nächstdem Kupferoxyd bedeutet.

Psilomelan $= \dot{R}\ddot{M}n^2 + \dot{H}$,

worin $\dot{R}$ vorzugsweise Manganoxydul und Baryt oder an dessen Stelle Kali bedeutet.

IX. *Ueber Basalte und ihr Verhältnifs zu den Doleriten; von A. Girard.*

Aufgefordert durch Hrn. Prof. G. Rose zu einer Untersuchung der Basalte, um, so viel als möglich, die Natur der sie zusammensetzenden Mineralien kennen zu lernen, habe ich mich dieser Arbeit unterzogen, und erlaube mir nun die gewonnenen Resultate in der Kürze vorzulegen.

Die Basalte sind so vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, man hat sich so oft bemüht, ihre Zusammensetzung durch mineralogische und chemische Untersuchungen zu entwickeln, dafs es wohl nothwendig schien mit Vorsicht auf den zu verfolgenden Weg zu achten. Die Bemühungen nach äufseren Kennzeichen, die Mineralien, welche die Basalte zusammensetzen, zu unterscheiden, waren von sehr geringem Erfolg gewesen; man hatte Augit in den meisten, in einigen auch ein feldspathähnliches Mineral, in vielen Olivin entdeckt, aber die Grundmasse, in welcher diese einzelnen Krystalle oder Körner ausgeschieden waren, liefs sich auf diesem Wege durchaus nicht entziffern. Deutlichere Resultate lieferten in dieser Hinsicht die chemischen Untersuchungen. Nach dem Vorgange von C. G. Gmelin, welcher zuerst bei seinen Analysen der Phonolithe die Methode anwandte, durch verschiedene Zersetzungsmittel die Mineralien, welche in der Gebirgsart enthalten sind, von einander zu sondern, sind von ihm sowohl als von einigen Anderen Analysen der Basalte angestellt worden. Man gelangte hierdurch zu der Einsicht, dafs aufser den genannten einzelnen Mineralien auch noch eine wasserhaltige Kieselverbindung in ihnen enthalten seyn müsse,

deren Zusammensetzung sich aber nicht so bestimmt ausmitteln liefs, um sie irgend einer der bekannten Arten der Zeolith-Familie zuzurechnen.

Der Wunsch diese Zeolith-Art wo möglich zu bestimmen, trieb mich besonders dazu an einen Weg ausfindig zu machen, um die einzelnen Mineralien noch mehr von einander zu trennen, und ich unterwarf daher diejenigen Mineralien, welche sich im Basalte erwarten liefsen, einer genauen Prüfung, in Bezug auf ihr Verhalten gegen verschiedene Auflösungsmittel. Allein diefs führte zu keinem ganz genügenden Resultate. Der Augit unterschied sich wohl dadurch vom Labrador und Feldspath, dafs er von Säuren nur wenig angegriffen wurde, doch diese beiden Mineralien wurden wiederum durch kochende Salzsäure zum Theil, aber nie völlig, zersetzt; Magneteisen dagegen mufste mit heifser Salzsäure behandelt werden, damit es sich vollkommen löste. Dadurch entstand das Uebel, dafs Augit und Magneteisen wohl getrennt werden konnten, bei beiden aber dadurch ein Theil des feldspathähnlichen Bestandtheils mit in die Zersetzung gerieth, sogar bei letzteren auch ein Antheil Augit, wie es die Analyse später zeigte. Was aber von Wichtigkeit erschien, war, dafs der zeolithische Bestandtheil und der Olivin vollständig von den anderen Mineralien durch die Lösung in Salpetersäure zu trennen waren, und es kam nun nur darauf an, einen Basalt aufzufinden, in dem kein Olivin enthalten war, um bei diesem den Zeolith rein abscheiden zu können. Dieser Anforderung genügte der Basalt vom Wickenstein ganz, der besonders noch dadurch zur Untersuchung aufforderte, dafs er eine sehr gleichförmige Grundmasse enthält, in der einzelne deutliche Krystalle von Augit ausgeschieden waren. Zwar hatte Löwe diesen Basalt schon analysirt, aber in seiner Arbeit waren später durch Gräger mehrere Rechnungsfehler nachgewiesen worden,

und so war es wohl nicht unpassend dieselbe zu wiederholen.

Die Resultate waren folgende: es wurde zersetzt

I. durch Salpetersäure

Kieselerde	40,562
Thonerde	30,237
Eisenoxydul	Spur
Kalkerde	5,839
Talkerde	0,828
Natron	10,852
Kali	1,931
Wasser	8,687
	99,026

II. durch kochende Salzsäure

Magneteisen [1]) 6,370 des ganzen Basaltes, der Rest bestand aus:

Kieselerde	47,042
Thonerde	9,338
Kalkerde	12,764
Talkerde	15,172
Eisenoxydul	13,849
	98,162

III. durch kohlensaure Baryterde

Kieselerde	46,342
Thonerde	9,137
Kalkerde	13,027
Talkerde	16,287
Eisenoxydul	13,849
	98,642.

1) Das Magneteisen wurde aus dem Ueberschufs des hier erhaltenen Eisenoxyds gegen das, in der nachfolgenden Analyse gefundenen, berechnet, da sonst in beiden die übrigen Bestandtheile fast gleich sind.

Die so erhaltenen Zahlenwerthe zeigen; dafs die durch kochende Salzsäure gelösten Theile derselben Natur sind, als die durch Zersetzung mit kohlensaurem Baryt aufgeschlossenen, und beweisen, wie die Unauflöslichkeit vieler Silicate in Säuren nie streng zu nehmen ist. Die durch Salpetersäure gelösten Theile mufsten nun den zeolithischen Bestandtheil rein erweisen; allein die gewonnenen Werthe wollten auf keine bekannte Zeolithart passen. Die Menge der Thonerde war so grofs, die der Kieselerde so gering (obgleich hier wohl ein kleiner Fehler vorkommen kann, da die Kieselerde äufserst schwer, und wohl nie völlig, von dem Mineralrückstand getrennt werden kann), und wiederum die der Alkalien so bedeutend, wie es bei keinem Zeolith vorkommt; indefs führte der Reichthum an Thonerde und Alkalien zu der Vermuthung, ob nicht Nephelin darin enthalten seyn möchte. Und diese Annahme scheint ziemlich zu passen; denn läfst man zu dem Nephelin noch einen ungefähr gleichen Antheil Mesolith hinzutreten, so entspricht diefs wohl der Zusammensetzung in der ersten Analyse. Die andern beiden lassen sich ohne Zwang auf einen etwas kieselerdearmen Augit deuten; denn genau können solche Zerlegungen mehrfach zusammengesetzter Gebirgsarten mit denen einzelner Mineralien wohl nie stimmen, und Zahlenwerthe für die Proportionen des Augits, Nephelin und Mesolith anzuführen, würde zu weit gegangen seyn.

Das Resultat, dafs in dem Basalte vom Wickenstein Nephelin in der Grundmasse anzunehmen sey, bestätigte sich auch äufserlich durch das besonders fettglänzende Ansehen derselben, und wiefs auf einen Zusammenhang in der Zusammensetzung dieses Basaltes mit den Nephelin-Doleriten hin. Man hat in neuerer Zeit immer mehr Fundorte dieser eigenthümlichen Gebirgsart kennen gelernt, die jedoch immer Gegenden angehören, in denen basaltische Gesteine zu Hause sind. Aufser dem Nephelin-

Do-

:rit von Capo di Bove und dem Katzenbuckel im
nwalde, hat man im Vogelsgebirge, bei Trendlenburg
Paderborn'schen, so wie im Mittelgebirge zwischen
chen und Aufsig diefs Gestein entdeckt, ja ich habe
r Gesteinen der Pyrenäen einen vortrefflichen Ne-
in-Dolerit aus dem Thal von Baigony gefunden.
ausgezeichnetste Beispiel dieser Gebirgsart liefert
fs der Löbauer Berg in der Lausitz, wo das Gestein
fast gleichen Theilen von farblosem Nephelin und
'arzem Augit besteht. Es möchte wohl Beachtung
ienen, ob dieser Nephelin, der mehr als 20 Procent
lien enthält, nicht eine Abscheidung und Benutzung
elben zu technischen Zwecken erlauben sollte? Ich
daher bemüht für eine zweite Untersuchung einen
lt zu wählen, der, wo möglich, in einer nachweis-
n geognostischen Beziehung zu doleritischen Gestei-
stände, und es schien mir daher ein passendes Vor-
men, das des viel bekannten Meifsners, wo man
n lange bemerkt hatte, dafs mitten auf seinem gro-
Plateau Dolerit-Blöcke vorkommen, deren Ursprung
nachzuweisen noch nicht im Stande war.
Die Analyse in derselben Weise als die vorige an-
:llt, ergab Folgendes.

Die Lösung in Salpetersäure enthielt:

Kieselerde	39,58
Thonerde	14,89
Kalkerde	5,99
Talkerde	12,74
Eisenoxydul	10,41
Natron	5,13
Kali	1,90
Wasser	7,67
	98,31.

II. Die Lösung in heifser Salzsäure.

Magneteisen [1]) 5,323 des ganzen Gesteins. Die sehr kleine Menge der aufserdem gelösten Stoffe (nur 0,146 Grm., daher nicht gut ganz scharf zu bestimmen) ergab:

Kieselerde	44,79
Thonerde	15,38
Kalkerde	8,81
Talkerde	16,06
Eisenoxydul	16,41
	95,44.

III. Aus der Zersetzung durch kohlensaure Baryterde.

Kieselerde	57,20
Thonerde	16,32
Kalkerde	9,26
Talkerde	6,27
Eisenoxydul	5,64
Natron	3,18
Kali	0,95
	98,82.

Die so ermittelte Zusammensetzung dieses Basaltes ist nicht allein in Rücksicht auf die einzelnen Bestandtheile jeder Lösung zu beachten, sondern es stellt sich auch ein anderes Verhältnifs in Bezug auf die relativen Mengen der constiuirenden Mineralien heraus; in der ersten Analyse betrugen

die leicht zersetzbaren Mineralien	51,743
die durch Schmelzung aufgeschlossenen	48,256
	99,999

1) Das Magneteisen wurde, wie bei der vorigen Arbeit, aus dem Ueberschufs des gefällten Eisenoxyds gegen die in der ersten Analyse erhaltenen Mengen berechnet, da die Resultate der zweiten bei ihrer kleinen Quantität sich dennoch der ersten anschliefsen.

in der letzteren dagegen war das Verhältnifs

der leicht zersetzbaren	36,716
zu den schwer zersetzbaren	63,283
	99,999

ein Beweis, dafs hier die wasserfreien Silicate die Hauptrolle im Gestein übernehmen. Die leicht gelösten Mengen zeigen durch ihren grofsen Gehalt von Talkerde und Eisenoxydul den fein in der Masse eingesprengten Olivin an, der auch nach dem Glühen des Gesteins zum Theil dem Auge sichtbar wird; sonst scheint mir Kalkerde- und Alkali führender Skolezit der Grundmasse noch beigemengt, so wie 5 Proc. Magneteisen darin vertheilt. Der Hauptsache nach besteht aber das Gestein aus den Bestandtheilen der letzten Analyse vermittelst kohlensauren Baryts, doch ist dann der Kieselerdegehalt gröfser als er dem Augit allein zukommt; auch die Thonerde kommt in so grofsen Mengen keinem Augit, am wenigsten den schwarzen, basaltischen Abänderungen zu, Alkalien sind in ihm bis jetzt nicht angegeben, dagegen stets viel mehr Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul. Mit einem Worte: der Augit ist viel basischer und führt keine Alkalien.

Nimmt man nun aber an, dafs diese Zusammensetzung auf ein Gemenge zu beziehen sey, das aus Augit und einem labradorischen Feldspath besteht, wie es die Dolerite alle klar und leicht erkenntlich zeigen, die auf der Kuppe des Meifsners vorkommen, so lösen sich die Angaben der Analysen zur Zufriedenheit. Die gröfsere Menge der Kieselerde, der Thonerde und der Alkalien gehören dem Labrador an, und dadurch werden im Verhältnifs die Mengen der Talkerde, des Eisenoxyds und der Kalkerde aus dem Augit verringert. Die Dolerite zeigen diese Zusammensetzung ganz unbestreitbar; es sind krystallinische Gemenge eines farblosen, tafelförmig krystallisirten feldspathähnlichen Minerals mit schwar-

36 *

zen Krystallen von Augit, die zwar selten äufsere Form, aber oft noch die innere Structur wahrnehmen lassen; dazwischen liegen einzelne Körner von Olivin und Magneteisen. Der einzige Unterschied zwischen diesem Dolerit vom Meifsner und seinem Basalte liegt in dem zeolithischen Bestandtheil, den der Basalt enthält; denn dieser Dolerit enthält nach meinen Glühversuchen durchaus kein Wasser. Wie möchte man sich hier die Gegenwart des Wassers im Basalt erklären? Sollten nicht bei dem Emportreiben des Basaltes, die hebenden Dämpfe, welche gewifs grofsentheils aus Wasserdämpfen bestanden, die Zusammensetzung derjenigen Gesteinsmassen verändert haben, mit denen sie in unmittelbare Berührung kamen? und werden diefs nicht die äufseren Massen gewesen seyn, wie wir es am Meifsner sehen, während der innere Kern ein unveränderter Dolerit blieb? Daraus würde sich das stete Vorkommen des Basaltes an kleinen, einzeln emporgetriebenen Kegeln erklären, wie sie so häufig in Deutschland zerstreut sind, während da, wo grofsartige, ungeheure Massen gleichzeitig an die Oberfläche heraufdrangen, Dolerite das Hauptgestein sind und Basalte zu den Seltenheiten gehören. Ich darf wohl nur die irischen und schottischen Gesteine, und vor Allem an die mächtige Dolerit-Bedeckung von Island erinnern. Ich habe Gesteine von Island, Dolerite von Havnefiörd, gesehen, die dem Dolerite vom Meifsner zum Verwechseln gleichen.

So würde sich dann der Basalt den Doleritgesteinen anschliefsen und unterordnen, und so wie diese variiren, je nachdem sie Nephelin oder ein feldspathähnliches Mineral neben dem Augit enthalten, was wohl hauptsächlich in der Gegenwart einer gröfseren oder geringeren Menge von Alkalien seine Veranlassung finden mag, je nachdem wird auch die Zusammensetzung der Basalte variiren, und daher rührt wohl die geringe Uebereinstim-

mung in den Analysen der Basalte von vesschiedenen Fundorten.

X. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Dichroits; von* Christ. Schütz.

Ungeachtet der Dichroit ein Gegenstand chemischer Untersuchungen von Männern, wie Bonsdorff, Gmelin, Laugier, Stromeyer und Thomson, war, so kam man über dessen chemische Zusammensetzung doch nicht ganz in's Reine, weil die mineralogischen Formeln, welche man für ihn angab, theils unter sich ganz verschieden waren, theils nicht mit erforderlicher Genauigkeit den bei den Analysen erhaltenen Werth ausdrückten. Berzelius, Gerhardt, Kobell, Walchner und Andere haben Alle solche Formeln angegeben, welche, obwohl unter sich verschieden, doch in einem mehr oder weniger hohen Grade mit der einen oder andern der gemachten Analysen übereinstimmen. Bezeichnen wir mit r die einatomigen, hauptsächlich aus Talkerde und Eisenoxydul bestehenden Basen, so besitzen wir nicht weniger als vier dafür angegebene Formeln, nämlich $FeS^2 + 2MS^2 + 8AS$ (Berzelius), $rS + 3AS^2$ (Gerhardt), $3rS^2 + 8AS$ (Kobell), nebst $rS^2 + 3AS$ (Walchner). Lassen wir Gerhardt's Formel, wegen ihrer die chemischen Verwandtschaften betreffenden Unwahrscheinlichkeit, weg, da die Thonerde mit mehr Kieselsäure soll vereinigt seyn, als die stärkeren einatomigen Basen, so ist Kobell's Ausdruck von dem Berzelius'schen nur in sofern verschieden, als der erstere die Talkerde und das Eisenoxydul als einander substituirend ansieht. Vergleicht man diese Formeln mit den gemachten Analysen, so wird man leicht finden, dafs sie mit keiner grofsen

Genauigkeit das Verhältnifs des gefundenen Sauerstoffgehalts der Elemente ansdrücken, sondern dafs diejenigen Formeln, welche jenes genauer bezeichnen, entweder $rS^2 + 3AS$ oder $2rS^2 + 5AS$ sind.

Was die erstere von diesen Formeln betrifft, so stimmt sie vollkommen mit Bonsdorff's Analyse des Dichroits von Simiutak und des sogenannten harten Falunites überein, wogegen die letztere Formel Stromeyer's Analyse des Dichroits von Bodenmais und Orijerfvi rechtfertigt. Versucht man die Frage bei dem Orijerfvi-Dichroit zu beantworten, so zeigt es sich richtig, dafs der Sauerstoffgehalt der einatomigen Basen sich zu dem der Thonerde verhält wie 2 : 5. Nach den analytischen Resultaten aber giebt es eine Formel wie folgende: $r^2S^3 + 5AS$, welche also im Ganzen weder mit Bonsdorff's noch mit Stromeyer's Analyse desselben Minerals übereinstimmt. Laugier's Analyse aber des norwegischen Dichroits von Tvedesstrand, so wie Thomson's Untersuchung desselben Minerals von Connecticut, und Gmelin's Analyse der hieher gehörigen Mineralien von Cabo de Gata, nebst dem orientalischen Luchssapphire geben alle solche Formeln, die keineswegs hier identisch mit den wirklichen Dichroiten gehalten werden können. Der Dichroit von Connecticut hat also gemäfs seiner Zusammensetzung die Formel $rS^2 + 2AS$, der von Tvedesstrand $r^2S^2 + 4AS$, der von Cabo de Gata $2rS + 5AS$, und der orientalische Luchssapphir $rS + 3AS$.

Um näher zu untersuchen, wie es sich hiermit verhalte, unternahm ich in Aufforderung des L. F. Svanberg, und in dessen Laboratorium eine Untersuchung dreier hierher gehörenden Mineralien, nämlich: der Dichroite von Orijerfvi in Finnland, von Finspång in Oestergothland, und der von Brunhult, im Kirchspiele Tunaberg in Södermannland in Schweden. Ich bewerkstelligte diese Analysen auf solche Art, dafs ich das bei

80° über Schwefelsäure getrocknete und fein geschlämmte Mineralpulver ¼ Stunde lang in voller Weifsglühhitze erhielt, wobei der Gewichtsverlust den Wassergehalt angab. Dieses geglühte Pulver brannte ich mit einer Mischung von 1 Atom kohlensaurem Kali und 1 Atom kohlensaurem Natron; die geschmolzene Masse löste ich in schwacher Salzsäure auf, gelatinirte die Kieselsäure vermittelst Abdunsten, und untersuchte sie durch Auflösung in kohlensaurem Natron auf ihre Reinheit, wobei etwas zurückblieb, welches für unzersetztes Mineral zu halten war; da aber dessen Gewichtsmenge immer sehr geringe war, so hatte eine gröfsere Unsicherheit in der Bestimmung der Bestandtheile stattgefunden als durch diese Annahme. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Auflösung fällte ich kalt mit kohlensaurem Ammoniak, löste den Niederschlag nach dem Waschen wiederum in Salzsäure auf und fällte ihn abermals durch dasselbe Fällungsmittel. Der Niederschlag wurde mit demjenigen zusammengewogen, welcher durch kaustischem Ammoniak nach Vertreibung des kohlensauren Ammoniaks in gelinder Wärme entstand, welcher letztere Niederschlag immer ganz gering, jedoch stets vorhanden war, als Folge einer merklichen Lösung der Thonerde und des Eisenoxyds in kohlensaurem Ammoniak. Die gewogenen Niederschläge wurden in Salzsäure aufgelöst, wobei die ungelöst gebliebene Kieselsäure dem Gewichte nach bestimmt wurde. Zu der Auflösung in Salzsäure setzte ich kaustisches Kali in grofsem Ueberschusse und kochte es damit mehrere Stunden, bis die Thonerde aufgelöst war; das in Kali Ungelöste löste ich in Salzsäure auf; nachdem die ammoniakalischen Salze ausgetrieben waren, fällte ich das Eisenoxyd mit bernsteinsaurem Natron, Talk und Mangan aber mit kohlensaurem Kali. Als die kohlensaure Talkerde und das Mangan geglüht waren, löste ich die Talkerde, da sich immer ein sehr geringer Mangangehalt zeigte, in verdünnter Salpetersäure auf. Diese Talkerde wurde

mit derjenigen, die sich möglicherweise in geringer Menge in dem kohlensauren Kali lösen konnte, zusammengebracht und mit phosphorsaurem Natron ausgefällt. Nach Berechnung der Talkerde aus der phosphorsauren wurde das Gewicht derselben nebst dem des Eisenoxyds und Mangans vom gemeinsamen Gewichte obiger Niederschläge durch kohlensaures und kaustisches Ammoniak, abgezogen, und so erhielt ich das Gewicht der Thonerde für sich, die von der gemischten Fällung abfiltrirte Flüssigkeit untersuchte ich auf Kalk mit oxalsaurem Kali und filtrirte die oxalsaure Kalkerde ab, worauf ich die Talkerde mit phosphorsaurem Natron ausfällte.

Auf diese Art zeigte sich der Orijerfvier Dichroit in 100 Theilen zusammengesetzt aus:

		Sauerstoffgehalt.	
Kieselsäure	48,9	25,40	9
Thonerde	30,9	14,44	5
Talkerde	11,2	4,37	5,88=2
Eisenoxydul	6,3	1,43	
Manganoxydul	0,3	0,08	
Unzersetztem Mineral	1,6		
Glühverlust	1,9		
	101,1.		

Der Dichroit von Brunhult, dessen eigenthümliches Gewicht =2,61 ist, besteht in 100 Theilen aus:

		Sauerstoffgehalt.	
Kieselsäure	49,7	25,83	
Thonerde	32,0	14,98	
Talkerde	9,5	3,71	5,30
Eisenoxydul	6,0	1,38	
Kalkerde	0,6	0,17	
Manganoxydul	0,1	0,04	
Unzersetztem Mineral	0,6		
Glühverlust	2,1		
	100,6.		



Die procentische Zusammensetzung des Dichroits von Finspång, dessen spec. Gew. 2,64 ist, besteht aus:

		Sauerstoffgehalt.	
Kieselerde	48,6	25,29	9
Thonerde	30,5	14,28	5
Talkerde	8,2	3,20	
Eisenoxydul	10,7	2,45	5,67 = 2
Manganoxydul	0,1	0,02	
Unzersetztem Mineral	0,2		
Glühverlust	1,5		
	99,5.		

Die Dichroite von Orijerfvi und Finspång zeigen, dafs sie, in Folge dieser Analysen, vermittelst der Formel $2rS^2 + 5AS$ auf's Genaueste ausgedrückt werden können, wo hingegen der von Brunhult nicht mit derselben Vollkommenheit übereinstimmt, aber in eben demselben Grad ist er auch von der Formel $rS^2 + 3AS$ abweichend. Diesen Untersuchungen gemäfs kann ich nicht anders als die erstere Formel $2rS^2 + 5AS$ vorschlagen, da sie diejenige ist, welche die meisten Analysen von Dichroiten ausdrückt, besonders aber das in der Chemie ganz allgemein vorkommende Verbindungsverhältnifs von 2 : 5. Uebersetzen wir diese Formel in die chemische, so entsteht dieser Ausdruck: $2\dot{r}^3 \dddot{S}^2 + 5\dddot{A}\dddot{S}$.

XI. *Ueber die Bildung der Versteinungen;* *von H. R. Goeppert.*

(Zweite Fortsetzung der Abhandlung über den Versteinerungsprocefs, Ann. Bd. XXXXVIII S. 561 bis 573, und Bd. XXXXIII S. 595 bis 605.)

Unter den in der Steinkohlenformation vorkommenden fossilen Pflanzen machen die sogenannten *Steinkerne* (ausgefüllte Stämme ohne innere Structur) bei weitem die Mehrzahl aus. So wenig zweifelhaft man auch, wenn man in aufmerksamer Weise die Art ihrer Erhaltung und Ausfüllung betrachtet, über ihre Bildung seyn darf, die nur unter Mithülfe oft wiederholter Wasserbedeckung vor sich gehen konnte, so blieb doch noch mancherlei Bedenken zurück, wie es wohl geschah, dafs von so vielen Stämmen nur die zarte Rinde erhalten und von der Structur des oft sehr umfangsreichen Stammes selbst gar nichts mehr vorhanden ist, u. dergl. Unter diesen Umständen war es mir sehr interessant, ganz in der Nähe von Breslau einen Ort anzutreffen, an welchem gegenwärtig noch *alle die Processe* vor sich gehen, denen wir die *Erhaltung der Pflanzen der Vorwelt verdanken.* Ohne Zweifel wird man auch an vielen anderen Orten dasselbe sehen, wenn man, durch diese Bemerkungen aufmerksam gemacht, sich veranlafst sehen sollte, verwandte Gegenden näher zu untersuchen.

In dem Oderthale Schlesiens befinden sich bekanntlich gegenwärtig noch die gröfsten Eichenwälder der Provinz, und einer höchst wahrscheinlichen Sage zufolge nahm auch einst ein Eichenwald die Stelle ein, wo das heutige Breslau liegt. In der That trifft man auch nicht selten beim Grundgraben von Häusern auf grofse, durch und durch geschwärzte, aber nicht versteinerte Eichen-

stämme, die in allen Richtungen in verschiedener Tiefe liegen. In der sogenannten alten Oder, einem in früheren Zeiten gegrabenen Bette dieses Flusses in der Nähe der Stadt, werden ebenfalls oft Stämme ausgegraben, die wohl freilich zuweilen angeschwemmt seyn mögen, meistentheils aber auf ihrem ursprünglichem Boden liegen, wie man gleich ersehen wird. Bei einem Spaziergange längs dem linken Ufer der alten Oder, zwischen der Rosenthaler- und der nach Oswitz führenden sogenannten Gröschelbrücke, wo zur Linken Kleinketschau und gegenüber am rechten Ufer Rosenthal liegt, bemerkte ich, dafs mehrere Stämme sich auch noch unter das Ufer erstreckten, und mit ihrem vorderen Ende in das Bett des Flusses hineinragten. Die Höhe des in dieser Gegend nicht gedämmten, daher mannigfach zerrissenen Ufers, über das Bett des den gröfsten Theil der wärmeren Jahreszeit fast wasserleeren Flusses beträgt 10 bis 12 Fufs. Unter einer sehr dünnen, mit Sand vermischten Schicht Dammerde, die nur sparsamen Pflanzenwuchs gestattet, liegt eine etwa 3 bis 4 Fufs starke Sandschicht, dann folgt eisenoxydreicher Lehm von 2 bis 3 Fufs Dicke, und unter diesem eine 1 bis 2 Fufs mächtige Schicht von bläulichem Letten, welche fast unmittelbar über dem sandigen Bette des Flusses liegt, schon bei mäfsigem Wasserstande gewöhnlich vom Wasser bedeckt wird. Dieser bläuliche Letten, oder auch der unmittelbar darüber liegende Lehm enthält, und zwar ganz besonders häufig in der Nähe von in der Oder liegenden und oft noch unter dem Ufer vorhandenen Stämmen, in Schichten von 3 bis 4 Zoll Dicke, eine ungeheure Menge Blätter, welche ich in ihrer horizontalen Lage längs dem ganzen Oderufer der angegebenen Gegend wohl an 400 bis 500 Fufs weit verfolgte, und die, meinen Nachgrabungen zufolge, sich in noch unerforschter Verbreitung auch noch weit unter das Ufer selbst erstrecken. Da bei dem gegenüber an der Rosenthaler Seite liegenden Ufer diesel-

ben Verhältnisse stattfinden, und auch hier in gleicher Länge eine horizontal gelagerte Blätterschicht nebst Stämmen zum Vorschein kommt, so ist es mehr als wahrscheinlich, *dafs hier ein ganzer Wald* begraben liegt, der der Urzeit Breslaus angehört, und vielleicht heute noch der Förderung werth zu achten seyn dürfte. Ob sich hier auch Braunkohlen finden dürften, wie an mehreren andern ähnlichen Orten an den Ufern der Oder, soll nächstens näher untersucht werden.

Die stark gebräunten, aber grofsentheils noch wohl erhaltenen, zwischen den Thonschichten liegenden Blätter, lassen sich vollkommen gut als Blätter der Sommereiche, *Quercus pedunculata W.*, erkennen, welche gegenwärtig noch in Schlesien vorzugsweise die Ebenen und Flufsthäler bewohnt, während *Quercus Robur* mehr der gebirgigen Gegend angehört, und auch dort selten ist. Beim Verbrennen verbreitete sie eben so wenig, wie das ganz geschwärzte, aber nicht etwa versteinerte Holz jener Stämme, den der Braunkohle sonst eigenen bituminösen Geruch, so dafs man über ihren jetztweltlichen, wenn auch, wie schon erwähnt, wohl in die graue Vorzeit hinaufreichenden Ursprung kaum in Zweifel seyn kann. Jener bläuliche, frisch nach Schwefelwasserstoffgas riechende Thon ist auch noch mit Bruchstücken von Aesten und Wurzeln von Eichen, Equiseten und andern Pflanzenarten erfüllt, die in einem *Verkohlungsprocefs* begriffen sind. Bei einigen ist die Rinde bereits verkohlt, der Holzkörper davon so völlig gelöst, dafs er selbst im feuchten Zustande leicht herausgenommen werden kann, und beim Austrocknen eines solchen Stückes bald herausfällt, während die Rinde ziemlich fest am Thon haftet, und einen Abdruck ihrer Form bewirkt hat.

Die festeren Holzstämmchen sind nicht zusammengedrückt, wohl aber gewöhnlich die bekanntlich nur lokkeres Zellgewebe, vereinzelte Gefäfsbündel und weite Luft-

gänge enthaltenden Stengel und Wurzeln von *Equisetum arvense* und *E. palustre.*

Wenn jene Thonschicht, wie diefs in wasserarmen Jahren der Fall ist, völlig austrocknet, werden dann bei Wiederkehr der Fluth die bereits lockeren Holzkörper mit Leichtigkeit herausgeschwemmt, und der auf diese Weise entstandene leere Raum mit Sand und Thon ausgefüllt, wie diefs denn auch hier der Fall gewesen ist, indem man hie und da bereits mehr oder minder *durch Thon und Sand ausgefüllte Holzstämmchen und Equiseten-Stengel* findet [1]). Zuweilen ist auch die lockere

1) Interessant war es mir, hier wahrzunehmen, wie es zugeht, dafs die Querwand, welche bei den Equiseten die Glieder von einander trennt, nicht die Ausfüllung hindert. Sie löst sich nämlich von allen Seiten mehr oder minder vollständig los, und wird so von dem eindringenden Ausfüllungsmaterial im wahren Sinne des Worts bei Seite geschoben. Diefs giebt viel Aufschlufs über die Ausfüllung der Calamiten, die bekanntlich als Equisetaceen auch mit Scheidewänden versehen waren, bei denen man aber in der That bis jetzt noch niemals eine Scheidewand vollkommen erhalten angetroffen hat. Dafs die Calamiten den Equisetaceen der Jetztwelt analog sind, ist freilich früher oft vermuthet, nun aber seit der wichtigen Entdeckung ihrer Fructificationsorgane durch den Hrn. Grafen Münster (Equisetites Münsteri, Sternb. Geogn. bot. Darst. d. Flora d. Vorwelt. Heft 5 u. 6, 1833, Tab. XVI Fig. 1 — 5) aufser Zweifel gesetzt worden. Von chemischer Seite kann ich nur noch hinzufügen, dafs auch die *Oberhaut der Calamiten eben so reich an Kieselerde ist, wie die unserer Equiseten, und fast ein eben so schönes Kieselskelett liefert*, wie es Hr. Dr. Struve jun. in seiner sehr interessanten Schrift (*De silicia in plantis. Berol.* 1835) zuerst trefflich abgebildet und beschrieben hat. Ausführlicher werde ich darüber in meinem Werk über die Gattungen der fossilen Pflanzen handeln. Seitdem übrigens Perrotet in den Thälern der Nilgherri baumartige Farrn und Cykadeen mit gabelförmigen Aesten, und Hr. Junghuhn *auf Sumatra laut jüngst eingegangenen brieflichen Nachrichten sogar ein baumartiges Lycopodium von ½ Fufs Durchmesser und* 25 *Fufs Höhe* entdeckt hat, ist meine Hoffnung, dafs man auch in der Jetztwelt noch baumartige Equisetaceen auffinden dürfte, neu belebt worden.

kohlige Rinde mit entfernt werden, so dafs wir nur eine Ausfüllung ohne dieselbe vor uns sehen.

Die Anwendung dieser Beobachtung auf die Bildung der fossilen Pflanzen ergiebt sich von selbst.

Die Blätter zwischen den Lehmschichten, die natürlich auch Abdrücke hinterlassen, erlauben die Bildung der Abdrücke. An der Stelle, wo sie so zahlreich sind, dafs nur schwache Lehmschichten dazwischen liegen, würde sehr bald ein der blättrigen Braunkohle ähnliches Gebilde enstehen, wenn noch ein bedeutender Druck einwirkte.

Wir finden ferner bekanntlich Steinkerne, die gröfstentheils noch mit der in Kohle verwandelten Rinde versehen sind, wie diefs in der älteren Kohlenformation, besonders bei den Lepidodendreen, Sigillarien und Stigmarien der Fall ist, aber auch dergleichen ohne die in Kohle verwandelte Rinde, wie besonders häufig in der Grauwacke und in den Sandsteinen der meisten Formationen. Eben so lehren diese Beobachtungen, auf welche Weise auch die festeren *Dicotyledonenhölzer* Veranlassung zur Bildung von Steinkernen geben können, wie diefs denn unter anderen, aufser den von Hrn. Haidinger bei Schlackenwerth im Basalttuff beobachteten und von mir ebenfalls untersuchten Dicotyledonenstämme (Göppert, über die neuerlichst im Basalttuff des hohen Saalbachkopfes bei Siegen entdeckten bituminösen und versteinerten Hölzer, so wie über die der Braunkohlenformation überhaup , in Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. 14. Bd. 1840, S. 193), auch noch bei andern von mir im Quadersandstein Schlesiens entdeckte und im 19. Bande 2. Stück Taf. LIII Fig. 4 und 5 beschriebenen und abgebildeten Stämme für die Vorwelt entschieden beweisen. Diese letzteren Stämme kamen auf gleiche Weise, wie die von Schlackenwerth, schon entrindet zwischen die Schichten, und konnten eben deswegen im Abdruck nur die äufsere Gestalt des Holzkör-

pers zurücklassen, wie ich an dem angegebenen Orte näher auseinandergesetzt habe.

Die in diesen Lettenschichten, wie oben erwähnt ward, vor sich gehende Verkohlung der Holzmasse liefert einen neuen Beitrag zu den von Andern und mir mehrfach gemachten Beobachtungen über die Bildung der *Kohle auf nassem Wege*, für welche Ansicht neuerlichst auch Hr. Link interessante Untersuchungen mitgetheilt hat (Ueber den Ursprung der Steinkohlen und Braunkohlen nach mikroskopischen Untersuchungen; gelesen in der Academie der Wissenschaften am 26. Juli 1838), zufolge deren er sich geneigt fühlt, die Steinkohlen für Torfmoore oder für torfartige Niederlagen der Vorwelt zu halten. Die von mir früher gemachten Beobachtungen über das Vorkommen von Stämmen in der Steinkohle schliefst diese Meinung nicht aus, da ja auch häufig genug ganze, mehr oder minder erhaltene Stämme in Torflagern angetroffen werden. Dafs hier und da bald mehr Stämme, bald anderswo mehr die gesammte übrige Vegetation Antheil an der Bildung der Kohle haben mögen, leuchtet von selbst ein, und läfst sich aus localen Verhältnissen leicht erklären, bei welcher Gelegenheit ich an eine von Hrn. Beinert und mir gemeinschaftlich in der Carl Gustav Grube bei Charlottenbrunn gemachte Beobachtung erinnere. Das Hangende oder das Dach einer ganzen Strecke derselben besteht aus dichtem feinkörnigen Sandstein, der seiner ganzen Länge nach mit Abdrücken von Calamiten, Sigillarien und Lepidodendren bezeichnet ist. Diese *Abdrücke sind in der That Hohldrücke*, und zwar gröfstentheils der noch mit der Rinde versehenen, zuweilen aber auch entrindeten Stämme, woraus hervorgeht, dafs die Stämme, als sie mit Sand bedeckt wurden, zum Theil entrindet waren; *jedenfalls aber vielleicht der gröfste Theil der Steinkohle, die unmittelbar unter dem Dache, aber nur von*

8 bis 10 Zoll Mächtigkeit fortläuft, und selbst die in dem Dach befindlichen Hohldrücke ausfüllt, diesen Stämmen ihren Ursprung verdankt.

In der auf und um die Blätter lagernden Lehmschicht sehen wir nun eine noch viel merkwürdigere Erscheinung, nämlich die Erfüllung der in derselben befindlichen Vegetabilien mit Eisenoxydullösung, oder die Versteinung durch Eisenoxyd in vielfachen Formen und Uebergängen vor uns. Bereits früher (a. a. O. S. 16) habe ich einer durch Eisenoxyd versteinten Faſsdaube erwähnt, die man in einem Brunnen zu Gotha gefunden hatte [1]), und die Hoffnung ausgesprochen, daſs man dergleichen gewiſs noch häufiger bei aufmerksamer Beobachtung antreffen werde. Es freut mich diese Erwartung nun hier erfüllt zu sehen. Durch Haarröhrchenanziehung nehmen die Holzästchen und zarten Würzelchen das unstreitig durch Vermittlung der Kohlensäure aufgelöste Eisenoxydul auf, auf welche Weise die zartesten, in diesem Boden vorkommenden vegetabilischen Theile mit demselben erfüllt werden, so daſs man beim Zerbrechen eines sol-

1) In Beziehung auf jene Faſsdaube schrieb mir neulich der Hr. Regierungspräsident v. Braun zu Anhalt-Bernburg, daſs sie nicht 100 Jahr, wie man mir in Gotha erzählte, sondern an 220 Jahr alt sey, indem sie sich von der in Folge der Grumbach'schen Händel im J. 1568 erfolgten Zerstörung des Grimmensteins herschreibe, und erst in den Neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts beim Aufräumen einer Cisterne gefunden worden sey. An anderen zu demselben Fasse gehörenden Dauben, waren an den Stellen, wo die eisernen Reifen gesessen hatten, eine Menge Schwefeleisenkrystalle gebildet worden. Gleichzeitig fand man auch eine Bombe, welche durch und durch in Graphit verwandelt war, so daſs sie sich mit dem Messer wie Blei schneiden lieſs. Aehnliche Fälle sind zwar schon beobachtet worden, jedoch verdienten diese merkwürdigen Stücke, welche gegenwärtig noch in Gotha aufbewahrt werden, eine nähere Untersuchung, wozu sich wohl einer der dortigen Hrn. Naturforscher bereit finden lassen wird. Indeſs fühle ich mich dem Hrn. Präsidenten v. Braun für die Berichtigung meiner Angabe sehr verpflichtet.

solchen Lehmstückes in der Richtung der Pflanzenstückchen überall rothe Streifen erblickt, und unter dem Mikroskop die zarten, durch Eisenoxyd (in welches das Eisenoxydul allmälig übergeht) ausgefüllten Zellen zu erkennen vermag. Hierdurch wird nun der Beweis geführt, dafs auch krautartige *vegetabilische Theile versteinen können*, was ich früher selbst glaubte bezweifeln zu müssen. Im Innern können nun bei einer abermaligen Ueberschwemmung die mehr oder minder hohlen Pflanzentheile, wie z. B. Stengel von Equiseten, leicht ausgefüllt werden, so dafs also Versteinung und Ausfüllung hier zusammen vorkommen, wie ich auch bei einigen vorweltlichen Pflanzen, z. B. bei Stigmaria, beobachtet, deren Holzkörper versteint, die Centralaxe nebst den den letzteren durchsetzenden Holzbündeln aber gewöhnlich ausgefüllt erschien (Göppert, Gattungen der fossilen Pflanzen, Beschreibung der Stigmaria, Tab. XIII Fig. 4). Unter den Holzästchen fand ich mehrere, die zum Theil schon völlig verhärtet, ja schleifbar, andere aber, die erst im Verhärten begriffen waren. Nachdem jedoch auch die Pflanze erhärtet war, scheint die Haarröhrchenwirkung der Faser unterbrochen zu seyn, indem zunächst das Eisenoxyd schichtenweise concentrisch in ihrer Umgebung abgesetzt wird, und auch erhärtet, so dafs ein Stengel von 1 bis 3 Linien Durchmesser oft von 1 Zoll dicken, concentrischen, durch Eisenoxyd erhärteten Sandschichten umgeben ist. Wenn sich diese concentrischen Kreise endlich berühren, wird die ganze Masse fest, und auf diese Weise ein fester, dichter Eisenstein gebildet. Auf diese Art, wie Hr. Kindler (Poggendorffs Annalen, Bd. XXXVII, 1836, S. 203 bis 206) schon beobachtete, ohne aber die eben angegebene Beschaffenheit der Pflanzen näher zu untersuchen, entsteht der gröfste Theil der Eisensteinerze in sumpfigen Gegenden. Das Rasenerz, welches nun aber auch noch phosphorsaures Eisen enthält, dessen Phosphorsäure aus den Pflanzen

ihren Ursprung nimmt. Blaues phosphorsaures Eisen zeigt sich an dem von mir erwähnten Fundort häufig an einzelnen Stengeln und zwischen den Blättern.

Wenn nun die auf die angegebene Weise durch Ausfüllung versteinten Vegetabilien auf trocknem oder auf nassem Wege des organischen Stoffes beraubt werden, bleibt die Ausfüllungsmasse in der Gestalt der Pflanzenzellen und Gefäfse zurück, indem dasselbe hier im Kleinen geschieht, was im Grofsen bei der Bildung der Steinkerne stattfindet. Daher sehen wir z. B. bei versteinten, keine organischen Stoffe mehr enthaltenden Hölzern, wie bei vielen opalisirten Cruciferenhölzern (aus Ungarn bei Dreiwasser und Sajba, südlich von Libetty banya, in einem zersetzten Bimstein-Conglomerat), die den Zellen dieser Pflanzenfamilie so charakteristischen Tüpfel in Gestalt kleiner erhabner Wärzchen auf der Wand der Zelle, die bei den lebenden kleine vertiefte, fast trichterförmig ausgehöhlte Vertiefungen in der Substanz der Zellenwand darstellen. Diese fast farblosen Hölzer scheinen wohl vorzugsweise die Idee von einer Verwandlung der organischen Substanz in Stein hervorgerufen zu haben und noch fortdauernd zu nähren, welche Ansicht man auch so leicht nicht aufgeben dürfte, wenn man, wie diefs freilich nicht selten geschieht, nicht die ganze Erscheinung, d. h. alle Vorkommnisse der versteinten Hölzer, in's Auge fafst.

Ich erinnere hier nochmals an meine schon früher erwähnten Glühversuche mit Hölzern, in denen die organische Substanz noch vollkommner erhalten ist. Wenn man sie nämlich bis zur vollständigen Verbrennung der organischen Substanz glüht, und nun mikroskopisch untersucht, so wird ihre Structur noch unverändert angetroffen, indem durch die versteinende Masse in jeder Zelle und in jedem Gefäfse gewissermafsen ein Steinkern sich bildete, und so natürlich auch die Beschaffenheit der Wände im Abdruck erhalten werden mufste. Gin-

gen nun diese Wände auch selbst verloren, ward defsungeachtet doch ihre Gestalt von dem Steinkern oder der Ausfüllungsmasse bewahrt.

(Wird gelegentlich fortgesetzt.)

XII. *Ueber einige pseudomorphosirte zeolithische Substanzen aus Rheinbaiern; von Dr. Gustav Leonhard in Heidelberg.*

Den Zeolithen scheint, gleich dem Kalksinter, eine noch fortdauernde Bildung verliehen zu seyn. Forchhammer hat bekanntlich auf den Faröern die Entdeckung gemacht, dafs, mittelst der Einwirkung atmosphärischer Wasser auf den Dolerit, zeolithische Substanzen entstehen [1]).

Eine andere Eigenschaft, nicht minder wichtig und interessant als jene fortdauernde Bildung, ist einigen Zeolithen verliehen: die der Pseudomorphie. Zu Niederkirchen, unfern Wolfstein in Rheinbaiern, kommen auf den Kluftflächen eines, zum Theil in Verwitterung begriffenen, Diorites mehrere zeolithische Substanzen vor.

Analcim findet sich, in Trapezoëdern, meist von Erbsengröfse; die Farbe desselben ist ein unreines Weifs, die Krystalle sind rauh, undurchsichtig, und sitzen auf krystallinischen und kugelförmigen Parthien von *Prehnit.* Andere Krystalle des Analcim, in der Form des Trapezoëders, haben eine hellgrüne Farbe, zeigen sich durchscheinend und glänzend; mit einem Worte, es sind Krystalle, welche die Form des Analcims besitzen, aber Farbe, Glanz und andere Eigenschaften des Prehnits haben.

1) Geognosie der Faröer in Karsten's Archiv, II, S. 197.

Diese Erscheinung, dafs Analcim mit Beibehaltung seiner Form in Prehnit umgewandelt worden, ist keineswegs eine neue Thatsache. Haüy erwähnte bereits vor 40 Jahren [1]), bei Gelegenheit, als er vom Vorkommen des Prehnits im ehemaligen Herzogthum Zweibrükken redet, denselben Fall, nach Handstücken, welche ihm von Faujas de Saint-Fond zugekommen waren, und deren genaue Fundstätte er, wie es scheint, nicht kannte. Es mufsten jedoch die Exemplare, welche dem berühmten Krystallographen vorlagen, nicht ausgezeichnet genug gewesen seyn, dafs er ein bestimmtes Urtheil fällen konnte, denn er sagt davon an einem andern Orte: »*une substance, dont les globules sont terminés par des facettes, qui pouvoient faire soupçonner une tendance vers la figure du solide à 24 trapézoïdes, que présente l'analcime. Mais comme ces facettes n'affectoient aucune disposition symétrique, qu'elles n'étoient pas exactement planes, et qu'elles pouvoient provenir d'une sorte de depression, qu'auroient subie les globules, en s'appliquant les uns contre les autres, j'avois placé la substance, dont il s'agit, dans l'appendice particulier qui renferme les minéraux, dont la nature n'est pas encore assez connue, pour permettre de les classer dans la méthode* [2]).

Ein anderes ähnliches Phänomen beschreibt Haidinger [3]), nach den Exemplaren, in den Sammlungen der HH. Allan und Thomson befindlich. Er redet von Krystallen aus der Gegend von Dumbarton, welche ganz die Form des Analcim besitzen, aber aus einem Aggregate von Prehnit-Krystallen bestehen.

1) *Ann. du Mus. d'hist. nat. I, p.* 194 *ff.*

2) *Traité de mineral,* 1. *edit. T. IV p.* 418 *ff.*

3) Ueber die Veränderungen, welche gewisse Mineralien mit Beibehaltung ihrer äufseren Form erleiden, von W. Haidinger, diese Annalen, Bd. XI S. 380 ff.

Was nun die Analcim-Krystalle von Niederkirchen betrifft, so zeigen sie häufig die verschiedensten Stufen der Umwandlung; oft ist die Mitte einzelner Krystalle noch rein weifs, während die äufsere Hälfte mit einer gelblichen oder grünlichen Rinde umgeben erscheint. Die Flächen des Trapezoëders sind, die Umwandlung zu Prehnit mag mehr oder weniger weit vorgeschritten seyn, immer deutlich wahrzunehmen; nur sind bei den mehr umgewandelten Krystallen die Kanten etwas abgerundeter.

Eine von H a ü y vorgenommene Bestimmung des specifischen Gewichts jener von ihm erwähnten Substanz [1]) ergab =2,8992, welches dem Eigengewicht des Prehnits (=2,925) so ziemlich nahe kommt. Die von H a i d i n g e r bestimmte Eigenschwere des in Prehnit umgewandelten Analcims von Dumbarton ist =2,885; die weniger umgewandelten Theile von weifser Farbe betragen, nach dem zuletzt genannten Naturforscher, =2,842. Beide kommen daher dem specifischen Gewichte des Prehnits so ziemlich nahe.

Eine von mir vorgenommene Wägung des, noch nicht vollkommen in Prehnit umgewandelten, Analcims von Niederkirchen ergab =2,675 und =2,788.

Das spec. Gewicht aller dieser pseudomorphosirten Analcime weicht von dem des eigentlichen Analcim (=2,0 bis 2,2) bedeutend ab; mit der zunehmenden Umwandlung mufste auch die spec. Schwere steigen.

Mit diesem *Analcim* und *Prehnit* kommt zu Niederkirchen noch eine andere zeolithische Substanz vor. Es sind gelblichweifse Krystalle, von mattem erdigen Ansehen; die Form ist eine schiefe rhombische Säule, welche häufig zu Zwillingskrystallen verbunden erscheint. Eine von mir vorgenommene Messung eines Krystalls von besonderer Gröfse und Deutlichkeit zeigte: M || M' 93° 45' und 86° 15' ; P || 113° 30' und 66° 30', welches die Winkelverhältnisse des *Laumontit* sind. Die Kry-

1) *Annal. du Mus. d'hist. nat.* a. a. O.

stalle sind meist auf Prehnit aufgewachsen, welcher unmittelbar auf der Felsart sitzt; im Innern zeigen die meisten dieser Krystalle eine noch reine weifse Farbe. Andere dieser Krystalle sind durchscheinend, von hellgrüner Farbe, gerade wie die in Prehnit umgewandelten Analcime. Steininger erwähnt [1]) bei dem Vorkommen des Prehnits, Stilbitkrystalle, welche sich mit dem Prehnit zu Niederkirchen finden, und welche nicht für Laumontit zu halten seyen, da sie, der Luft ausgesetzt, nicht verwitterten. Am wahrscheinlichsten ist wohl, dafs man es mit, in *Prehnit umgewandelten, Laumontitkrystallen* zu thun habe. Eine Wägung ergab für das spec. Gewicht derselben =2,923 und =2,642. Es stehen demnach auch diese Krystalle auf verschiedenen Stufen der Umwandlung. Die Härte des, in Prehnit umgewandelten, Laumontits und Analcims ist =6, d. h. beide ritzen Feldspath, und kommen daher auch darin dem Prehnit ganz nahe.

Was endlich die chemische Beschaffenheit beider Substanzen anbelangt, so bestätigte eine von mir vorgenommene Analyse [2]) vollkommen die Vermuthung, dafs beide Substanzen, Analcim und Laumontit, eine Umwandlung zu Prehnit erlitten.

Eine Analyse der weifslichen, scheinbar weniger in Prehnit umgewandelten, Analcimkrystalle lieferte:

Das erstemal:		Das zweitemal:	
Kieselerde	45,50	Kieselerde	42,500
Thonerde+Eisenoxyd	30,00	Thonerde	30,500
Kalkerde	19,48	Kalkerde	22,574
Wasser	5,00	Kali	0,024
	99,98	Eisenoxyd	0,040
		Wasser	5,000
			100,638

1) Geognostische Beschreibung des Landes zwischen der unteren *Saar* und dem *Rhein*, S. 115.

2) Ueber den Gang dieser Analysen s. weiter unten den Anhang.

Schon der Mangel an Natron und die grofse Menge Kalkerde beweisen, dafs wir es hier nicht mit Analcim zu thun haben. Alle Bestandtheile, Kieselerde, Thonerde und Kalkerde stimmen ganz genau mit denen des Prehnit überein, nur der Wassergehalt weicht von jenem des Prehnit ab. Hat der Analcim bei der Umwandlung, welche er erlitten, nur einen Theil seines Wassers verloren? Uebrigens mag wohl der Wassergehalt dieser, mehr oder weniger in Prehnit umgewandelten, Analcimkrystalle ein sehr schwankender seyn, da, wie schon bemerkt, fast ein jeder Krystall auf einer verschiedenen Stufe der Umwandlung steht, und es wahrscheinlich ist, dafs mit zunehmender Umwandlung die Wassermenge abnahm; auch waren die, der Analyse unterworfenen, Analcimkrystalle von besonderer Reinheit und weifslicher Farbe.

Ganz dasselbe gilt von den Laumontitkrystallen; auch mit den reinsten und weifsesten wurde eine wiederholte Analyse vorgenommen; sie ergab

das erstemal:		das zweitemal:	
Kieselerde	44,000	Kieselerde	44,000
Thonerde+Eisenoxyd	30,500	Thonerde	28,500
Kalkerde	19,188	Kalkerde	22,290
Wasser	6,000	Kali	0,008
	99,688	Eisenoxyd	0,040
		Wasser	6,000
			100,838

Beide Substanzen, Analcim und Laumontit, kommen in ihren chemischen Verhältnissen mit denen des Prehnit überein, nur dafs beide einen gröfseren Wassergehalt besitzen.

Gang der Analysen.

Die Analysen wurden unter Leitung des Hrn. Geh. Hofrath Gmelin in dessen Laboratorium vorgenommen.

Erste Analyse.

Zwei Gramme der fein gepulverten Substanzen wurden in eine Abdampfschale gebracht, mit Salzsäure und Wasser übergossen, zur Trockne abgedampft, wieder mit Salzsäure und Wasser übergossen, bis zum Kochen erhitzt und filtrirt.

Das Filtrat erhielt so lange Zusatz von Ammoniak, bis es alkalisch reagirte und Thonerde nebst Eisenoxyd gefällt war; hierauf wurde filtrirt.

Das Filtrat wurde abgedampft und es wurde kleesaures Ammoniak zugesetzt, wodurch die Kalkerde als kleesaure Kalkerde gefällt wurde; auf's Filter gebracht durch das Glühen wurde sie zu kohlensaurer Kalkerde und sodann als Kalkerde berechnet.

Das Filtrat der Kalkerde wurde zur Trockne abgedampft; es blieb eine Spur Chlorkalium. Da der Analzim und Laumontit nicht ganz aufgeschlossen waren, wurde der in Salzsäure ungelöst gebliebene Theil mit 8 Grm. kohlensaurem Natron geschmolzen; hierauf wurde genau derselbe Gang wie von Anfang an beobachtet; es ergaben sich aufser der Kieselerde noch etwas Thonerde und Kalkerde.

Zweite Analyse.

Zwei Grammen der fein gepulverten Substanzen wurden mit 8 Grm. salpetersaurem Baryt geschmolzen; aus dem Platintiegel in eine Abdampfschale gebracht, und nach oben erwähnter Art wurde die Kieselerde abgeschieden.

Aus dem Filtrat der Kieselerde wurde die Baryterde durch Schwefelsäure gefällt. Das Filtrat der schwefelsauren Baryterde erhielt Zusatz von Ammoniak, wodurch die Thonerde und das Eisenoxyd gefällt wurden. — Das Filtrat wurde abgedampft, kleesaures Ammoniak

zugesetzt, wodurch der Kalk gefällt wurde. Das Filtrat der kleesauren Kalkerde wurde abgedampft, geglüht und gewogen; es ergaben sich bei dem Analcim und Laumontit geringe Quantitäten schwefelsauren Kalis, welche zu Kali berechnet wurden.

Die auf dem Filter befindliche Thonerde nebst Eisenoxyd wurden in kochender Salzsäure aufgelöst, mit Kali gekocht, der hiedurch entstandene Niederschlag auf's Filter gebracht. Das Filtrat erhielt einen Zusatz von Salzsäure und Ammoniak, wodurch die Alaunerde gefällt wurde. Das auf dem Filter befindliche, durch Kali gefällte, Eisenoxyd wurde nochmals in Salzsäure aufgelöst, alsdann Salmiak und Ammoniak hinzugefügt und filtrirt. Das Filtrat wurde abgedampft; es ergab sich noch etwas Kalk, der durch kleesaures Ammoniak gefällt wurde. Das Filtrat hielt keine Bittererde. Das Eisenoxyd wurde nochmals in Salzsäure aufglöst und mit Kali gekocht; es bildete sich ein rothbrauner Niederschlag, welcher auf das Filter gebracht wurde. In dem Filtrat befand sich noch etwas Alaunerde, welche durch Salzsäure und Ammoniak gefällt wurde.

Der Wassergehalt der drei Substanzen wurde durch heftiges, halbstündiges Glühen im Platintiegel bestimmt.

XIII. *Ueber das Vorkommen von natürlichem Bromsilber in Mexico und Frankreich; von Hrn. Berthier.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. II p.* 417, frei und abgekürzt.)

Der District von Plateros, in Mexico, 17 Lieues von Zacatecas und $1\frac{1}{2}$ Lieues nördlich von Fresnillo, unter-

scheidet sich von andern Grubenbezirken durch die Natur des daselbst vorkommenden Erzes. Das Silber, welches in diesem Erze enthalten ist, findet sich darin in zweierlei Zuständen, erstlich gediegen, in sehr kleinen Parthien eingesprengt in eine graue compacte, sehr bleihaltige Masse, — die Mexicaner nennen es *plata azul* (blaues Silber) —, zweitens und hauptsächlich als eine Verbindung, in kleinen sehr olivenfarbenen und gelblichen Krystallen, *plata verde* (grünes Silber) genannt, welches man für Chlorsilber hielt, ich aber als vollkommen reines *Bromsilber* erkannte.

Der District von Plateros bildet ein von großsen Ebenen umgebenes Plateau, das sich aber nicht sehr über diese erhebt. Es besteht gänzlich aus Kalkstein, aus welchem sich hier und da kleine, mit Quarz durchzogene Thonschiefer-Kuppen erheben. Diese Adern werden von den Bergleuten für Anzeigen von Metallgängen gehalten. Der Bergbau in diesem District ist unbedeutend, weil die Menge der Gewässer verhindert, ihn in grofse Tiefe zu treiben. Bisher war es nirgends möglich Schächte von 100 Metern Tiefe abzuteufen. Gegenwärtig ist daselbst nur eine einzige Grube in Arbeit; es ist die von *San Onofe*, die wöchentlich 120 bis 150 Mark Silber liefert. Man behandelt das Erz nach der Methode des Cazo, d. h. amalgamirt es unmittelbar warm, unter Zusatz von Kochsalz und Quecksilber, in Kesseln mit kupfernen Böden.

Die von mir untersuchte Probe war zu *San Onofe* von einem Haufen zur Amalgamation vorbereiteten Erzes genommen. Es war compact, grau, etwas röthlich, von unebenem glänzendem Bruch, versehen mit kleinen Höhlungen, von denen einige mit einer matten, blafsgelben, von den Bergleuten Bleioxyd genannten Substanz ausgefüllt waren, andere aber sehr kleine, zwar schlecht ausgebildete, aber glänzende, blafs olivengrüne,

wie Chlorsilber aussehende Krystalle enthielten [1]). Dieses Exemplar war sehr silberreich, denn es gab bei der Probe 0,0688 Silber. Es enthielt 0,45 kohlensaures Blei, welches, innig gemengt mit Quarz und etwas Eisenoxyd, die Hauptmasse bildete. Mit zwei Theilen schwarzen Flufs geschmolzen, gab es 0,43 silberhaltiges Blei; auf der Cupelle hinterliefs es aber nur 0,0650 Silber. Um Verluste zu meiden, mufs man aber bei der Probe nothwendig Blei oder Bleiglätte hinzusetzen, was das Product entsprechend silberärmer macht.

Obwohl das analysirte Stück kein metallisches Silber enthielt, da reine Salpetersäure keine Spur davon löste, so hinterliefs es doch, nach mehrmaliger warmer Digestion mit überschüssigem Ammoniak, noch fast fünf Sechstel des feinen Metalls in dem Rückstand, und man unterschied in diesem leicht das Gemenge des grünlichen Pulvers, welches nur unvollständig angegriffen war. Dieser Umstand lenkte meine Aufmerksamkeit zuerst auf das Erz von Plateros, und führte mich dahin, die für Chlorsilber gehaltene Substanz als reines, von Chlor- und Jodsilber freies *Bromsilber* zu erkennen, das bisher noch nicht im Mineralreich angetroffen worden ist, und daher eine neue Species darstellt.

Gepülvert nach einander mit Essigsäure und mit Kleesäure gekocht, giebt das Mineral kohlensaures Bleioxyd und Eisenoxyd, und hinterläfst nur thonigen Quarz, inmitten welchem man kleine Körner des Bromids erkennt. Durch sorgfältiges Schlämmen kann man aus diesem Rückstand das Bromid fast rein darstellen.

Noch schneller gewinnt man das Bromid, wenn man das Erz anfangs mit verdünnter Salpetersäure behandelt, abgiefst, dann den Rückstand mit Salzsäure erwärmt und

1) Nach Angabe des Hrn. Duport, von dem Hr. B. die Proben erhielt, ist das Bromsilber in Mexico nicht selten, und findet sich oft in schönen kubischen und octaëdrischen Krystallen.

mit vielem Wasser auswäscht. Nöthig ist aber, nicht zu viel Salzsäure anzuwenden, weil sie sonst eine beträchtliche Menge des Bromides löst.

Der Bromid-Schlich ist ein etwas dunkel olivengrünes Pulver. Wenn man ihn zerreibt, wird er immer heller und zuletzt resedagrün, In diesem Zustande wird er am Lichte rasch dunkel und zuletzt grau, doch ist die Veränderung rein oberflächlich.

Im Zustande als groben Sand löst sich das Bromid nur sehr schwierig in Ammoniak, fein zerrieben löst es sich leichter, aber immer erfordert es, besonders in der Kälte, eine sehr grofse Menge Alkali. Concentrirte Ammoniakflüssigkeit, kochend mit einem Ueberschufs des Bromids behandelt, sättigt sich damit, und setzt beim Erkalten einen Theil desselben in Form eines sehr blafs gelben Pulvers ab. Auch bei Verdünnung mit Wasser trübt es sich; allein das nach langer Schwebung abgesetzte Bromid ist fast so weifs wie das Chlorid.

Das gewaschene Bromid von Plateros wurde auf zweierlei Art analysirt.

I. 1 Grm. des Schlich wurde mit kochender Ammoniakflüssigkeit erschöpft. Der Rückstand, Quarz gemengt mit etwas Eisenoxyd, betrug 0,14 Grm., folglich das aufgelöste Bromid 0,86 Grm. Die Lösung wurde mit Schwefelwasserstoff gefällt, das Schwefelsilber in Salpetersäure gelöst und durch Chlorwasserstoffsäure niedergeschlagen. Man erhielt 0,66 Grm. Chlorsilber, entsprechend 0,495 Silber in 0,86 Bromid.

Die ammoniakalische Flüssigkeit wurde zur Verjagung des überschüssigen Alkalis und Zerstörung des Hydrosulfats, eingedampft, mit Aetzbaryt versetzt, eingetrocknet, mehrmals mit Wasser behandelt, um den überschüssigen Baryt zu kohlensäuren, dann wieder zur Trockne abgedampft, und mit wasserfreiem Alkohol behandelt. Was dieser gelöst hatte, war Brombarium. Was er zurückgelassen, wurde in Wasser gelöst und mit salpeter-

saurem Silber in zwei successiven Portionen gefällt. Die sehr unbedeutenden Niederschläge, auf ihren Filtern, dem Lichte ausgesetzt, wurden beide grau, nicht violett. Sie bestanden also aus reinem Bromid; denn Chlorsilber wird violett. — Wenn man ein Gemenge von Brom- und Chlorwasserstoffsäure successiv mit Silberlösung fällt, werden alle Niederschläge grau, mit Ausnahme des letzten, der violett wird. Es wird also das Brom von dem Chlor gefällt, und dadurch kann man ein Chlorid reinigen, das eine kleine Menge Bromid enthält.

II. 1 Grm. fein geriebenen Schlichs, innig gemengt mit 3 Grm. schwarzem Fluſs, wurde in ein Porcellanschälchen gethan und in einem Test allmälig bis zum anfangenden Erweichen erhitzt, dann ein Stück Bleifolie auf das Gemenge gelegt, und das Ganze bis zur beginnenden Rothgluth erhitzt, doch nicht bis zum vollen Fluſs, um nichts zu verflüchtigen. Erkaltet wurde das Ganze in Wasser eingerührt, und der Rückstand, bestehend aus Bleikörnern, Kohle und Kieselerde, gewaschen. Letzterer wurde in seinem Porcellanschälchen, zur Verbrennung der Kohle, an der Luft erhitzt, mit 15 Grm. Bleiglätte versetzt und geschmolzen. Der Bleikönig auf der Kupelle abgetrieben, lieferte 0,50 Grm. Silber, entsprechend sehr nahe 0,86 Grm. Bromid.

Die erhaltene alkalische Flüssigkeit wurde mit Essigsäure gesättigt und darauf mit Silberlösung gefällt, der zeisiggelbe Niederschlag von reinem Bromid gewaschen, in Wasser eingerührt und durch hineingeleitetes Chlorgas zersetzt. Das entstandene Chlorsilber war rein weiſs, und wurde am Lichte violett. Die Flüssigkeit dagegen war gelb, und lieferte, mit Aether behandelt, Brom. Hr. B. bezeichnet dieſs als einen Weg zur Analyse eines aus Brom- und Chlorsilber bestehenden Erzes; man löse es in Ammoniak, verjage den Ueberschuſs desselben, sättige es mit einer Säure und behandle es weiter, wie angegeben, mit Chlor.

Erz von Huelgoeth, Departement Finistère. Die Erze von Huelgoeth enthalten hauptsächlich Chlorsilber, zuweilen aber auch kleine grünliche Krystallkörner, die den Verdacht auf Bromsilber erweckten. Hr. B. prüfte in dieser Hinsicht drei Proben. Die erste enthielt nur 0,0188 Silber, und wurde deshalb nicht weiter untersucht. Die zweite war reicher an Silber (0,1545), enthielt aber (aufser Quarz, Eisenoxyd, Phosphorsäure) nur Chlorsilber; in der dritten dagegen fand sich wirklich Bromsilber. Es wurde gepulvert mit kochender Kleesäure behandelt, wobei es ein Fünftel seines Gewichts an Rückstand hinterliefs, worin zeisiggelbe und weifse Körner zu erkennen waren. Diese wurden heifs mit Ammoniak digerirt, bis das gelbe Pulver vollständig verschwunden war. Es erforderte eine grofse Menge Ammoniak, was nicht der Fall gewesen seyn würde, wenn es reines Chlorsilber gewesen wäre. Die Flüssigkeit wurde successiv mit Salpetersäure gesättigt. Die ersten Niederschläge waren entschieden gelb, die späteren heller und der letzte rein weifs. Die gelben Niederschläge wurden in bekannter Weise auf Brom geprüft, und hiedurch das Daseyn desselben erwiesen. Mit Manganhyperoxyd und einigen Tropfen Schwefelsäure in einer Glasröhre erhitzt, zeigten sie sogleich rothe Dämpfe (keine violetten), die sich weiterhin in der Röhre zu einer rothen Flüssigkeit verdichteten. Das Mineral enthielt also kein Jod.

XIV. *Erwiderung auf eine Bemerkung des Hrn. Prof. Pohl.*

Bei Betrachtung der in Fig. 10 Taf. II abgebildeten galvanischen Combination hat Hr. Prof. Pohl auf S. 534 dieses Hefts Veranlassung genommen, meiner früheren Ar-

beit über ähnliche Ketten zu gedenken, und die darin ausgesprochene Ansicht als eine zu Widersprüchen führende und sich selbst aufhebende zu bezeichnen. Namentlich äufsert derselbe: »Wie ist es aber zu verstehen, und wie kann man sich dabei beruhigen, wenn es in diesem Sinne z. B. heifst, dafs wenn *s* Salzsäure, *a* aber Wasser ist, die Kette aus Wasser, Zink und Platin in ihrer Wirkung die andere aus der Säure und den nämlichen Metallen überwältige? *Denn es ist eine unabweisliche Folgerung hieraus, dafs dann auch ceteris paribus die Wasserkette für sich geschlossen eine gröfsere Ablenkung als die andere mit der Säure hervorbringen müfste*, da Verschiedenheiten der Reaction (des Widerstands), wenn sie vorhanden wären, begreiflich zu den erfahrungsmäfsigen Erfolgen in diesem Fall in gar keinem Verhältnifs stehen, um jene Umkehrung vermitteln zu können.«

Ich hege keine blinde Liebe für meine Ansichten über den Galvanismus, bin vielmehr jederzeit bereit sie gegen bessere zu vertauschen, sobald mir solche dargeboten würden; allein im gegenwärtigen Fall glaube ich doch ein Wort zu ihrer Rechtfertigung sagen zu müssen, nicht blofs weil der ihnen gemachte Vorwurf unbegründet ist, sondern auch, weil er Verhältnisse berührt, deren Beleuchtung für mehr als Einen von Nutzen seyn kann. Freilich sind es nur alte und wohl erwiesene Grundsätze, die ich zu vertheidigen habe, aber verkannte Wahrheiten können nicht oft genug gepredigt werden.

So mufs ich denn damit anheben, dafs das, was ich gesagt, nur der Ausdruck eines der bewährtesten Gesetze der Physik, des Ohm'schen Gesetzes, ist, und dafs daraus keineswegs folgt, was oben als eine unabweisliche Folgerung aus demselben hingestellt ist. Ein theoretischer Beweis mag diefs zunächst darthun.

Bekanntlich sind, wenn man mit k, k' die elektromotorischen Kräfte zweier Volta'schen Ketten, mit r, r'

die Widerstände zwischen deren Platten, in den Flüssigkeiten, und mit l den Widerstand des Schliefsdrahtes einer jeden bezeichnet, die Ausdrücke für die Stromstärken i, i' dieser Ketten:

$$i=\frac{k}{r+l} \quad ; \quad i'=\frac{k'}{r'+l},$$

und wenn man beide Ketten in entgegengesetzter Richtung zu einem Systeme verbindet, besitzt dessen Strom die Stärke:

$$I=\frac{k-k'}{r+r'+2l}.$$

Die *Richtung* dieses Stroms hängt *lediglich* von den Werthen der Gröfsen k und k' ab. Ist k der gröfsere, so hat I dieselbe Richtung, welche i haben würde. Mit den *Werthen* von i und i' hat die Richtung des Stroms der Combination nichts zu schaffen; i' kann gröfser seyn als i, wenn auch k' kleiner als k, sobald nur $r'+l$ hinreichend kleiner als $r+l$. Ja, wenn, neben $k'<k$, auch r' kleiner als r (oder neben $k'>k$ auch $r'>r$), so kann i' für gewisse Werthe von l gröfser, und für andere kleiner als i seyn [1]). Und dennoch be-

1) Bezeichnet n das Verhältnifs zwischen k und k', eben so m das zwischen r und r', und stellen n und m positive Zahlen gröfser als Eins vor, so sind vier Fälle möglich:

1.	2.	3.	4.
$k'=nk$	$nk=k'$	$k=nk'$	$nk=k'$
$mr=r'$	$r=mr'$	$r=mr'$	$mr=r'$

Setzt man nun $i=i'(1+\delta)$, so hat man entsprechend diesen vier Fällen:

$$1)\ \delta=\frac{(nm-1)r+(n-1)l}{r+l}\ ;\ 2)\ \delta=\frac{(1-mn)r'+(1-n)l}{n(mr'+l)}$$

$$3)\ \delta=\frac{(n-m)r'+(n-1)l}{mr'+l}\ ;\ 4)\ \delta=\frac{(m-n)r+(1-n)l}{n(r+l)}$$

Da r und l positive Gröfsen sind, so folgt hieraus für:

1) δ bleibt positiv oder $i>i'$ für jeden Werth von r oder l.

2) δ bleibt negativ oder $i<i'$ für jeden Werth von r' oder l.

3) δ wird negativ oder $i<i'$, wenn $m>n$ und $(n-m)r'>(n-1)l$; sonst ist es 0 oder positiv d. h. $i>i'$.

behält der Strom der Combination die durch das Zeichen der Differenz $k-k'$ bedingte Richtung. Alles dieses liegt klar am Tage; es ließe sich nur bestreiten, wenn man die Zulässigkeit obiger Formeln abläugnen könnte.

Zum Ueberfluſs will ich das eben Gesagte noch experimentell bekräftigen. Ich wähle dazu ein Paar Messungen, die ich, zu anderen Zwecken, bereits im vergangenen Mai angestellt habe. Es dienten dazu zwei Ketten aus gleichen Metallen, und zwar zwei constante Ketten, die überhaupt zu derlei numerischen Bestimmungen alleinig anwendbar sind. Die Metalle beider waren: amalgamirtes Zink und Platin, die Flüssigkeiten aber, bei der einen: gesättigte Kochsalzlösung und Salpetersäure, bei der andern: verdünnte Schwefelsäure und Salpetersäure. Die letztere Säure nahm bei jeder Kette das Platin auf, und war von der anderen Flüssigkeit, die das Zink enthielt, durch ein poröses Thongefäſs getrennt. Messungen mittelst der Sinusbussole, deren Draht hier mit unter l begriffen wird, ergaben nun folgende Resultate:

Kochsalz-Salpetersäure-Kette.

$$\left.\begin{array}{l} l=26{,}27 \;;\; i=\sin 50^\circ\ 39' \\ l=36{,}27 \;;\; i=\sin 37\ \ \ 18 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{also:}\\ r=9{,}953 \;;\; k=28{,}011.\end{array}$$

Schwefelsäure-Salpetersäure-Kette.

$$\left.\begin{array}{l} l=26{,}27 \;;\; i'=\sin 52^\circ\ \ 0' \\ l=36{,}27 \;;\; i'=\sin 36\ \ \ 48 \end{array}\right\} \begin{array}{l}\text{also:}\\ r'=5{,}426 \;;\; k'=24{,}977.\end{array}$$

Ich habe gerade diese Beispiele gewählt, weil sie

4) δ wird positiv oder $i>i'$, wenn $m>n$ und $(m-n)r>(1-n)l$; sonst ist es 0 oder negativ, d. h. $i<i'$. Damit also der Unterschied der Stromstärke zweier Ketten bei verschiedener, aber für beide Ketten gleicher Länge des Schlieſsdrahts das Zeichen wechseln könne, ist erforderlich, daſs k und r beide entweder gröſser oder kleiner als respective k' und r' seyen, und zwar r in stärkerem Maaſse als k.

das eben erwähnte Verhältnifs klar vor Augen legen. Bei dem kürzeren Schliefsdrahte zeigte die zweite Kette, bei dem längeren aber die erste die gröfsere Stromstärke. Ueberdiefs erwiefs die Rechnung, dafs diese erste Kette, die mit Kochsalzlösung construirte, eine beträchtlich gröfsere elektromotorische Kraft als die zweite besafs, und demgemäfs war mit Zuverlässigkeit vorauszusehen, dafs, wenn man beide Ketten in entgegengesetzter Richtung zu einem Systeme verbände, die mit Kochsalz das Uebergewicht haben würde.

Damals, als ich die Messungen unternahm, hatte dieser Versuch kein Interesse für mich; jetzt aber schien er mir lehrreich, und ich führte ihn also aus. Ich construirte wiederum die beiden Ketten, und maafs zuvörderst ihre Stromstärken. Bei dem Widerstande 20,27, mithin einem kleineren als früher gebraucht wurde, betrug sie für die:

Kochsalz-Kette $= \sin 56^\circ\ 58'$;
Schwefelsäure-Kette $= \sin 71^\circ\ 24'$.

Der Ueberschufs der Stromstärke war also bei diesem kleineren Widerstande, ganz der Theorie gemäfs, noch gröfser als zuvor auf Seite der Schwefelsäure-Kette; allein defsungeachtet hatte, als beide Ketten in entgegengesetzter Richtung verbunden wurden, nicht die mit Schwefelsäure, sondern die mit Kochsalz construirte sehr entschieden das Uebergewicht.

Im gegenwärtigen Beispiele, und in vielen anderen Fällen, läfst sich, was den Strom des Systems betrifft, die Zuverlässigkeit der Theorie nur an der *Richtung* desselben nachweisen, weil die Kette, welche unterliegt, obschon sie für sich eine constante ist, nach ihrer Ueberwältigung zu einer sogenannten Polarisation Anlafs giebt, welche den Strom inconstant und demgemäfs unmefsbar macht. Es lassen sich aber Ketten construiren, wo diese Erscheinung nicht oder nur in geringem Grade störend auftritt, und wo man also Gelegenheit hat, auch an der

Stärke des Stroms der Combination die Richtigkeit des eben so einfachen als fruchtbaren Gesetzes von Ohm streng oder mit hinlänglicher Annäherung darzuthun.

Das eben Gesagte läfst sich ohne Einschränkung auf den von Hrn. Prof. Pohl betrachteten Fall übertragen [1]). Aus der Richtung des Stroms der combinirten Salzsäure- und Wasser-Kette folgt nichts in Betreff des Verhältnisses der Stromstärken beider Ketten, einzeln genommen. Die Wasserkette kann die geringere Stromstärke haben, und hat sie auch unter den gewöhnlichen Umständen, aber nothwendig ist diefs nicht.

Poggendorff.

XVI. *Ueber den Gang der Luftwärme zu Kremsmünster, nach Beobachtungen und Berechnungen von Marian Koller,*

Director der Sternwarte daselbst.

(Entnommen aus der vom Hrn. Verf. übersandten Schrift: Ueber den Gang der Wärme in Oestreich ob der Enns. Linz 1841.)

Die Beobachtungen, von denen in den nachfolgenden Tafeln die monatlichen Mittelwerthe enthalten sind, wurden an einem hunderttheiligen Thermometer angestellt, neun Mal täglich, von 1833 bis 1836, und, jedoch zu andern Stunden, acht Mal täglich, 1837 bis 1839, weshalb letztere von ersteren gesondert wurden [2]).

1) Es ist derselbe, worauf Fechner sein so wenig anerkanntes Experimentum crucis gegründet hat.

2) Kremsmünster liegt unter 48° 3′ N. und 11° 48′ O. v. Paris, 1100 Fuſs über dem Meere.

1833 bis 1836.

[illegible]	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
[illegible]	— 1°,21	+ 1,97	+ 5,32	+ 8,78	+16,34	+19,76
[illegible]	— 0 ,78	+ 2,77	+ 6,39	+ 9,33	+17,48	+20,22
4	— 1 ,07	+ 2,30	+ 6,17	+ 9,23	+17,31	+20,09
6	— 1 ,77	+ 1,01	+ 5,02	+ 8,14	+16,41	+19,41
10	— 2 ,62	+ 0,30	+ 3,22	+ 6,26	+13,22	+15,90
16	— 3 ,39	— 1,31	+ 1,58	+ 4,77	+10,09	+12,84
[illegible]	— 3 ,44	— 1,52	+ 1,53	+ 4,14	+11,52	+15,17
[illegible]	— 2 ,69	— 0,43	+ 3,29	+ 6,80	+14,43	+17,97
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 7,65	+15,44	+18,90

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	October.	Novemb.	Decemb.
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+10,02	+ 2,69	+ 1,58
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+11,06	+ 2,99	+ 1,73
4	+21 ,20	+19,69	+17,03	+10,86	+ 2,71	+ 1,29
6	+20 ,29	+18,56	+15,83	+ 9,56	+ 1,97	+ 0,92
10	+17 ,68	+15,91	+13,27	+ 7,80	+ 1,44	+ 0,43
16	+14 ,43	+13,07	+10,50	+ 5,62	+ 0,33	+ 0,20
18	+16 ,02	+14,48	+10,60	+ 5,57	+ 0,21	+ 0,02
21	+18 ,78	+17,07	+13,24	+ 7,27	+ 0,74	+ 0,10
22	+19 ,63	+17,97	+14,44	+ 8,42	+ 1,42	+ 0,62

1837 bis 1839.

Zeit.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
0h	— 3°,38	— 1,09	+ 3,10	+ 7,40	+13,91	+18,90
1	— 3 ,09	— 0,73	+ 3,63	+ 7,84	+14,48	+19,22
3	— 3 ,16	— 0,79	+ 3,89	+ 8,19	+14,70	+19,64
5	— 4 ,02	— 1,73	+ 2,96	+ 7,47	+13,94	+18,93
9	— 4 ,44	— 3,15	+ 1,31	+ 4,97	+10,75	+15,38
19	— 5 ,46	— 4,51	— 0,73	+ 3,44	+10,19	+15,68
21	— 4 ,92	— 3,25	+ 1,05	+ 5,39	+12,08	+17,35
23	— 3 ,85	— 1,70	+ 2,56	+ 6,72	+13,28	+18,73

Zeit.	Juli.	August.	Septemb.	October.	Novemb.	Decemb.
0h	+19°,46	+18,92	+15,43	+10,08	+ 4,60	+ 0,39
1	+19 ,90	+19,42	+16,09	+10,68	+ 4,95	+ 0,68
3	+20 ,38	+19,87	+16,55	+11,34	+ 5,13	+ 0,65
5	+19 ,79	+19,29	+15,98	+10,41	+ 4,48	+ 0,07
9	+16 ,42	+16,23	+13,32	+ 8,49	+ 3,57	— 0,53
19	+16 ,37	+15,29	+11,29	+ 6,64	+ 2,53	— 1,06
21	+18 ,00	+17,47	+13,27	+ 7,94	+ 2,98	— 0,84
23	+19 ,36	+18,53	+14,95	+ 9,55	+ 4,10	— 0,03

Die fehlenden Tagesstunden wurden nach den Mitteln der für Göttingen, Halle und Padua bekannten Thermometerstände interpolirt, und dann nach den vollständigen Mittelwerthen die entsprechende periodische Function für jeden Monat aufgesucht, und darnach wieder die folgende Tafel berechnet.

Zeit.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
0h	— 2°,00	+ 0,70	+ 4,64	+ 8,24	+15,44	+19,43
1	— 1 ,70	+ 1,22	+ 5,05	+ 8,59	+15,86	+19,74
2	— 1 ,66	+ 1,37	+ 5,22	+ 8,75	+16,11	+19,95
3	— 1 ,83	+ 1,10	+ 5,18	+ 8,73	+16,17	+20,00
4	— 2 ,15	+ 0,64	+ 4,93	+ 8,54	+15,97	+19,83
5	— 2 ,49	+ 0,14	+ 4,54	+ 8,18	+15,52	+19,42
6	— 2 ,79	— 0,30	+ 4,04	+ 7,66	+14,85	+18,79
7	— 3 ,01	— 0,56	+ 3,50	+ 7,03	+14,06	+18,01
8	— 3 ,17	— 0,77	+ 2,98	+ 6,39	+13,25	+17,16
9	— 3 ,32	— 0,99	+ 2,53	+ 5,83	+12,48	+16,29
10	— 3 ,48	— 1,24	+ 2,17	+ 5,42	+11,78	+15,44
11	— 3 ,65	— 1,58	+ 1,90	+ 5,16	+11,13	+14,62
12	— 3 ,82	— 1,89	+ 1,65	+ 4,97	+10,52	+13,88
13	— 3 ,95	— 2,13	+ 1,38	+ 4,76	+ 9,96	+13,26
14	— 4 ,05	— 2,30	+ 1,07	+ 4,48	+ 9,51	+12,87
15	— 4 ,12	— 2,35	+ 0,73	+ 4,14	+ 9,28	+12,80
16	— 4 ,20	— 2,41	+ 0,44	+ 3,83	+ 9,35	+13,10
17	— 4 ,28	— 2,50	+ 0,31	+ 3,69	+ 9,78	+13,82
18	— 4 ,33	— 2,56	+ 0,42	+ 3,83	+10,51	+14,79
19	— 4 ,28	— 2,58	+ 0,82	+ 4,32	+11,44	+15,87
20	— 4 ,07	— 2,35	+ 1,49	+ 5,09	+12,44	+16,91
21	— 3 ,67	— 1,85	+ 2,32	+ 6,00	+13,39	+17,80
22	— 3 ,11	— 1,05	+ 3,20	+ 6,91	+14,21	+18,49
23	— 2 ,51	— 0,11	+ 4,01	+ 7,68	+14,89	+19,02
Mittel	— 3°,23	— 1,01	+ 2,69	+ 6,18	+12,83	+16,72

	Juli.	August.	Septemb.	October.	Novemb.	Decemb.
[illegible]	20°,20	+19,02	+15,81	+10,39	+ 3,60	+ 1,23
1	20 ,57	+19,45	+16,40	+11,10	+ 4,02	+ 1,55
2	20 ,83	+19,67	+16,75	+11,45	+ 4,14	+ 1,62
3	20 ,92	+19,76	+16,86	+11,40	+ 3,99	+ 1,43
4	20 ,78	+19,61	+16,70	+11,00	+ 3,65	+ 1,08
5	+20 ,36	+19,19	+16,27	+10,40	+ 3,24	+ 0,70
6	+19 ,73	+18,55	+15,62	+ 9,72	+ 2,90	+ 0,40
7	+18 ,96	+17,77	+14,86	+ 9,11	+ 2,67	+ 0,23
8	+18 ,20	+16,99	+14,13	+ 8,61	+ 2,53	+ 0,15
9	+17 ,53	+16,31	+13,49	+ 8,22	+ 2,41	+ 0,11
10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 7,87	+ 2,25	+ 0,04
11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 7,50	+ 2,05	— 0,05
12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 7,12	+ 1,82	— 0,16
13	[illegible]	[illegible]	[illegible]	+ 6,71	+ 1,63	— 0,24
14	+15 ,51	+13,86	+11,13	+ 6,32	+ 1,49	— 0,26
15	+15 ,07	+13,56	+10,65	+ 6,02	+ 1,41	— 0,26
16	+15 ,09	+13,52	+10,33	+ 5,83	+ 1,35	— 0,27
17	+15 ,41	+13,81	+10,30	+ 5,81	+ 1,29	— 0,32
18	+16 ,03	+14,44	+10,63	+ 5,93	+ 1,23	— 0,41
19	+16 ,84	+15,30	+11,29	+ 6,25	+ 1,24	— 0,48
20	+17 ,72	+16,25	+12,19	+ 6,78	+ 1,39	— 0,44
21	+18 ,53	+17,15	+13,20	+ 7,52	+ 1,75	— 0,21
22	+19 ,20	+17,92	+14,20	+ 8,45	+ 2,31	— 0,20
23	+19 ,75	+18,53	+15,09	+ 9,44	+ 2,98	— 0,73
Mittel	+18°,01	+16,69	+13,55	+ 8,29	+ 2,39	+ 0,26

Aus diesen Tafeln wurde, mittelst ähnlicher periodischer Functionen, die folgende über die Zeiten der täglichen Extreme und Mittel für jeden Monat berechnet.

Monat.	Maximum.	Minimum.	Mittlere Temperatur am Morgen.	am Abend.
Januar	1h,68	18h,58	21h,91	8h,07
Februar	1 ,87	17 ,90	21 ,82	8 ,98
März	2 ,17	17 ,56	21 ,63	8 ,85
April	2 ,50	16 ,74	21 ,06	8 ,32
Mai	2 ,69	15 ,38	20 ,36	8 ,42
Juni	2 ,78	14 ,74	19 ,99	8 ,63
Juli	2 ,99	15 ,27	20 ,15	8 ,27
August	3 ,98	15 ,92	20 ,65	8 ,20
September	2 ,83	16 ,22	21 ,27	8 ,94
October	2 ,39	17 ,00	21 ,84	9 ,26
November	1 ,93	18 ,36	22 ,14	8 ,33
December	1 ,68	19 ,05	22 ,08	7 ,51

Daraus ergaben sich auf ähnliche Weise die entsprechenden Werthe für die Jahreszeiten.

Jahreszeit.	Maximum.	Minimum.	Mittlere Temperatur	
			am Morgen.	am Abend.
Winter	1^{h},92	18^{h},51	22^{h},07	8^{h},54
Frühling	2 ,02	16 ,32	21 ,00	8 ,50
Sommer	3 ,02	15 ,23	20 ,21	8 ,43
Herbst	2 ,36	16 ,85	21 ,73	8 ,83
Jahr	2^{h},36	16^{h},00	21^{h},16	8^{h},54

Endlich ging aus der dritten Tafel hervor:

Mittlere Jahrestemperatur $=$ 7°,815 C.

Zwanzigjährige Beobachtungen, von 1820 bis 1839 angestellt, ergaben für die monatlichen Mitteltemperaturen folgende Resultate:

Januar	—3°,18	Mai	12°,95	Sept.	+13°,60
Febr.	—1 ,95	Juni	16 ,13	Oct.	+ 8 ,21
März	+2 ,72	Juli	18 ,00	Nov.	+ 2 ,79
April	+8 ,42	Aug.	17 ,37	Dec.	— 1 ,00.

Mittlere Jahrestemperatur $=$ 7°,838 C.

Aufserdem beobachtete der Verfasser die Temperaturen dreier Quellen in der Nachbarschaft von Kremsmünster. Die erste derselben liegt 169, die zweite 192, und die dritte 190 Toisen über dem Meere.

Datum.	Quelle I.	Zahl d. Beob.	Quelle II.	Zahl d. Beob.	Quelle III.	Zahl d. Beob.
1834.						
Mai	9°,16	3	9°,50	3	9°,56	3
Juni	9 ,19	3	9 ,50	3	9 ,59	3
Juli	9 ,21	2	9 ,50	2	9 ,59	2
August	9 ,25	3	9 ,62	3	9 ,71	3
Sept.	9 ,31	2	9 ,62	2	9 ,75	2
Octob.	9 ,36	4	9 ,71	4	9 ,76	3
Nov.	9 ,25	3	9 ,59	3	9 ,62	3
Dec.	9 ,15	3	9 ,65	3	9 ,66	3
1835.						
Januar	9 ,15	3	9 ,62	3	9 ,60	3
Febr.	9 ,12	2	9 ,62	2	9 ,62	2
März	9 ,22	3	9 ,72	3	9 ,75	3
April	9 ,16	3	9 ,72	3	9 ,75	3

Das Mittel aller Beobachtungen giebt für die Quelle
I. 9°,211 II. 9°,614 III. 9°,663
wovon das Mittel =9°,499 C., also, da die Luftwärme =7°,838 C., um 1°,651 C. höher als diese.

XVII. *Vermischte Notizen.*

1) *Vanadiumgehalt des Uranpecherzes.* — »Ich habe,« schreibt mir Hr. Prof. Wöhler, »in einem, viele Einmengungen enthaltenden Uranpecherz auch Vanadium gefunden. Die Auffindung desselben in diesem Mineral läfst vermuthen, dafs an Orten, wo das Uranpecherz vorkommt, sich auch ein selbsständiges Vanadium-Mineral finde. Ich habe einigen Grund zu vermuthen, dafs es als Schwefel-Vanadium dem Uranpecherz beigemengt ist. Der Vanadium-Gehalt in dem von mir untersuchten Erz war übrigens gar nicht so unbedeutend. Aus einigen Unzen erhielt ich über 1 Gramm reine Vanadinsäure. Man zieht es ganz einfach auf die Weise aus, dafs man das gepülverte Erz mit einem Gemenge von Salpeter und kohlensaurem Natron glüht, die Masse mit Wasser auszieht, die Lösung neutralisirt und mit Blei- oder Barytsalz fällt. In einem *sehr reinen* Stück vom Pecherz fand sich nur eine Spur Vanadium.« (*P.*)

2) *Magnetisirung des Eisenblechs beim Verzinken.* — Alles verzinkte (sogenannte galvanisirte) Eisenblech wirkt auf die Magnetnadel nach Art wahrhafter Magnete, in welchen die magnetischen Kräfte sehr unregelmäfsig vertheilt sind. Hat man sich bei einem Stücke Eisenblech überzeugt, dafs es nur in gewöhnlicher Weise auf eine Magnetnadel wirkt, so sieht man, dafs es auch nach der Reinigung (*décapage*) in diesem Zustande verbleibt; allein, nachdem es aus dem Zinkbade gezogen worden, be-

besitzt es Polarität. Dicke Eisenstäbe, z. B. Nägel, werden durch diesen Procefs nicht in Magnete verwandelt (Peyron in den *Compt. rend. T. XIII p.* 898).

3) *Neue Terminologie für die Lehre von der strahlenden Wärme*, von Hrn. Melloni in den *Compt. rend. T. XIII p.* 816 vorgeschlagen. —

Thermochroologie (von θερμὸν, warm, Wärme; χρόα, Farbe, mit Umänderung des α in ο, und λόγος, Rede) Lehre von der farbigen Wärme, und, für uns, die Wissenschaft von der strahlenden Wärme, weil 1) nur die strahlende Wärme aus verschiedenen, ganz den Farbenstrahlen des Lichts analogen Elementen zusammengesetzt ist; 2) auf der Erde keine *weifse Wärme* vorhanden ist; 3) die *Wärmefarbe* nicht nur die strahlende Form und die Heterogenität der Elementarfäden andeutet, sondern auch dieser Name stets an die Voraussetzung einer eigenthümlichen, von der gewöhnlichen ganz verschiedenen Färbung erinnert.

Diathermasie (von θερμάω, erwärmen, und διά, durch, querdurch), Transcalescenz, oder Wärmedurchsichtigkeit (Wärmeklarheit) der Körper. — *Adiathermasie*, Wärmetrübheit. — *Diatherm*, *adiatherm*.

Thermochroïsch (thermochroïque) (von θερμὸν und χροά) wärmefarbig. — *Athermochroïsch*, wärmefarblos.

Thermochrose (von θερμὸν und χρωσις, Färbung) Wärmefärbung.

Leukotherm (von λευκὸς, weifs, und θερμὸν) wärmeweifs, was auf die Wärmestrahlen so wirkt wie ein weifser Körper auf das Licht.

Melanotherm (von μέλας, μέλανος, schwarz, und θερμὸν) wärmeschwarz, was fast alle auffallenden Wärmestrahlen absorbirt, also auf sie wirkt wie schwarze Körper auf das Licht.

Beispiele. Schwarzer Glimmer, Obsidian, schwarzes Glas sind *opak* und *diatherm;* eine klare Alaun-

platte ist dagegen *diaphan* und *diatherm*. Atmosphärische Luft und Steinsalz sind *athermochroïsche* Mittel. Wasser, Alkohol, Glas und andere farblose Mittel sind *thermochroïsch*. Papier, Schnee, Bleiweifs sind thermochroïsch und adiatherm zugleich. Recht reine Metalle, mit matter Oberfläche, z. B. Gold und Silber, obgleich im Allgemeinen farbig, sind *leukotherm*; endlich ist der Kienrufs *melanotherm*.

4) *Nebensonnenartige Erscheinung bei einer Feuersbrunst*. — Die Königsberger Zeitung vom 2. Jan. 1842 giebt folgende interessante Mittheilung von Bessel: »Als gestern Abend (1. Januar) eine helle Feuersbrunst den hier sehr dunstigen Himmel erleuchtete, zog ein heller Flecken desselben allgemeine Aufmerksamkeit auf sich. Er hatte das Ansehen, welches ein sehr heller, durch den Nebel durchschimmernder Komet gezeigt haben würde; und wirklich war die Aehnlichkeit so täuschend, dafs man die Erscheinung, ohne nähere Untersuchung, durch die unerwartete Ankunft eines grofsen Kometen zu erklären geneigt seyn mufste. Indessen hatte Hr. Schlüter, von der Sternwarte, Gelegenheit sie genügend kennen zu lernen. Neben dem Feuer war sie ganz rund und befand sich im Scheitelpunkte; in einiger Entfernung wurde sie in der auf das Feuer zugehenden Richtung und verlängert gesehen; so dafs eine Bewegung des Beobachters um das Feuer herum, sie in einem Kreise um den Scheitelpunkt bewegte. Auf der, etwa 400 Ruthen entfernten Sternwarte befand die Mitte der Erscheinung sich vor dem Sterne Capella, welcher damals 30 Grad vom Scheitelpunkte entfernt war. Durch diese Wahrnehmungen wird unzweifelhaft, dafs die Erscheinung ein Lichtreflex in der Luft war, zu der Art der Erscheinungen der Nebensonnen gehörend, welche von Wassertheilchen erzeugt werden, von denen die Luft angefüllt ist. Eine Art dieser Erscheinungen rührt von Eiskrystallen her, und solche Krystalle müssen auch die von der Feuers-

brunst hervorgebrachte zur Folge gehabt haben. Man wird übrigens etwas Aehnliches wohl selten sehen, da das Zusammentreffen der zu seinem Hervortreten erforderlichen Umstände selten vorkommen wird. Die Wahrnehmung scheint auch nicht ohne einiges Interesse zu seyn, indem sie auf eine parallele Lage der Axen der Krystalle, von welchen das Licht zurückgeworfen wurde, deutet.«

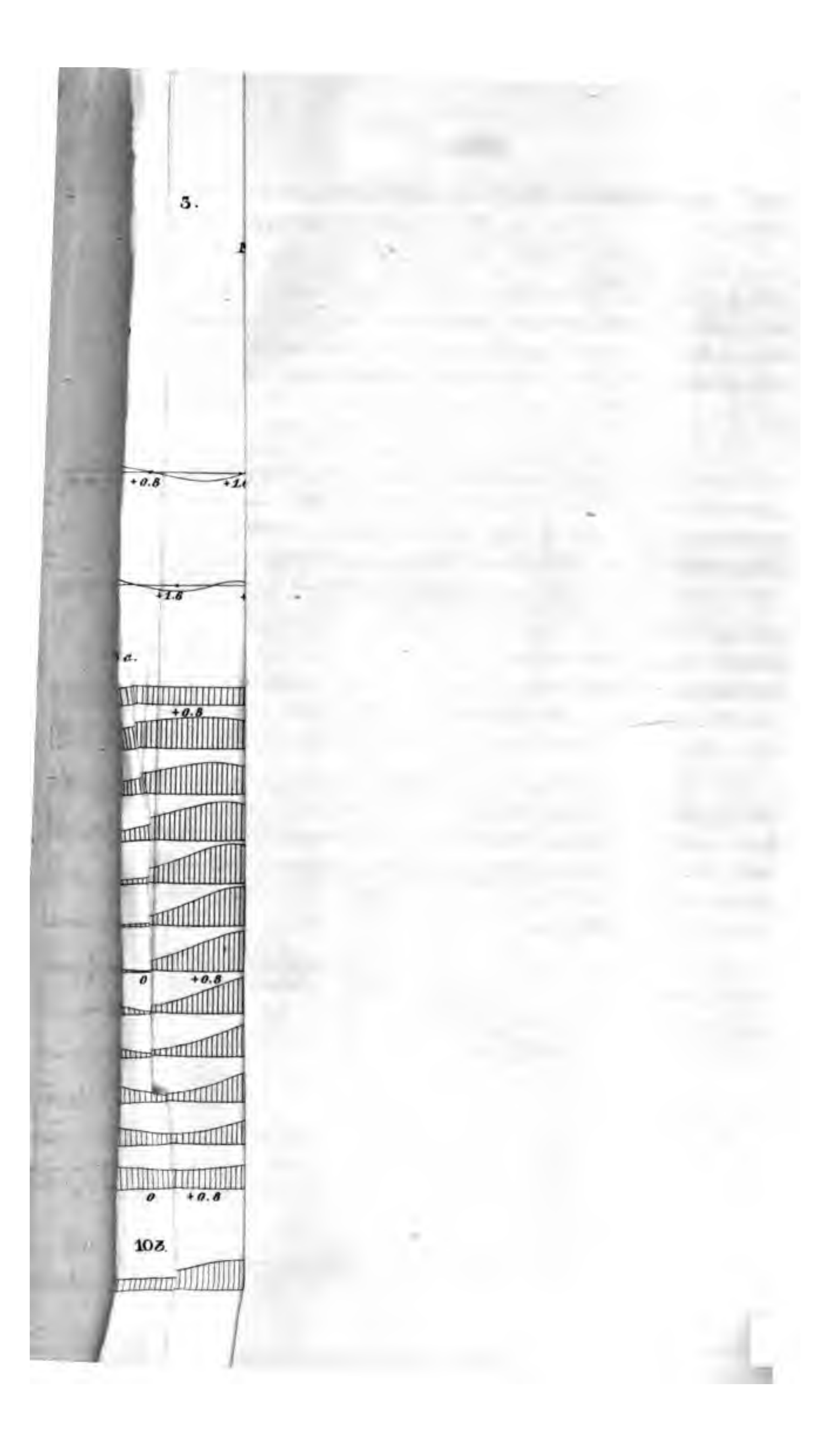
5) *Erdstöfse in Westphalen.* — Erdstöfse sind in Westphalen in diesem Jahre (1841) mehre beobachtet worden. Am entschiedensten sind, nach den mir zugekommenen Notizen, dieselben eben aufserhalb der sogenannten Weserkette hervorgetreten, so zu Bohmte oberhalb Osterkappeln (Le Coq'sche Karte, Sect. IX). Dergleichen zu Essen, in zwei in der Nähe von Essen liegenden Gütern, Hunnefeld und Leuchtenburg. Wegen der Zeit und Richtung findet in den Angaben keine Abweichung statt, überall hiefs es: »am 30. Juli Vormittags 10½ Uhr,« und »die Erschütterung erstreckte sich von Süden nach Norden.« Theilweise wurde angegeben, dafs ein dumpfer Knall vorangegangen; zu Hunnefeld will die Dienerschaft die Flurplatten des Dielenraums sich haben bewegen sehen, aufserdem sind dort mehre Fliesen, die als Wandbedeckung dienten, heruntergestürzt. (Aus einem Briefe des Hrn. Apotheker Veltmann zu Osnabrück.)

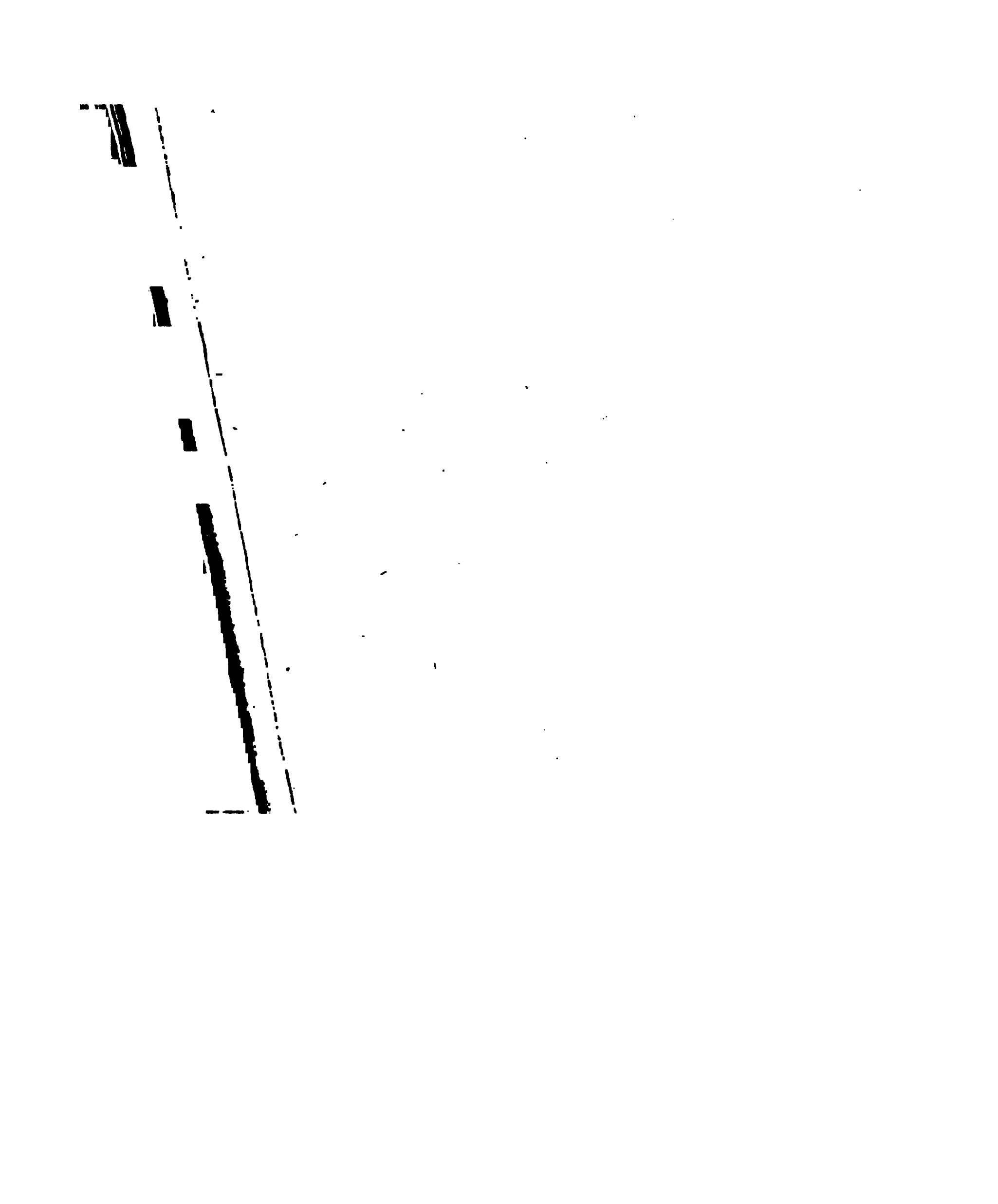
6) *Gefurchte Felsen in Finnland.* — In einem Briefe an den Geologen Lyell bestätigt Prof. Nordenskiöld das häufige Vorkommen von Furchen oder Schrammen auf den Felsen in Finnland (S. Ann. Bd. LII S. 641). Nach ihm finden sie sich überall daselbst, von Lappland an bis zur Südküste, und haben die Richtung von NNW. oder N. nach SSO. oder S. An den höchsten Kuppen sind sie wegen Verwitterung des Gesteins selten sichtbar, aber auf den gegenwärtig mit Sand und Erde überdeckten Felsen sind sie, nach Wegräumung der Decke,

leicht zu erkennen. Hr. N. beobachtete sie sogar auf einem Stein, der in einem nahe bei Helsingfors in Alluvialboden niedergetriebenen Schacht, zwanzig Fuſs tief unter der Oberfläche des finnischen Meerbusens vom Felsen abgesprengt worden war. Nicht weit von Porkala, aber 6 Werste von der Küste, fand er einen flachen, nicht groſsen Gneusfelsen, der voller Furchen war, und oben, in 9 Fuſs über dem Mittelstand des Wassers, einen s. g. *Riesentopf* von ungewöhnlicher Gröſse zeigte. Er maaſs 2½ bis 3 Fuſs im Durchmesser und 16 Fuſs in Tiefe; die Wände desselben waren wie geschliffen, und am Boden fanden sich viele völlig zugerundete Steine, gemengt mit Schlamm. Auf der Ostseite war der Rand abgerundet, und mit einer Anzahl breiter, flacher, von Ost nach West laufender Furchen gezeichnet; der gegenüberstehende Rand war scharf und der Fels daselbst wie abgesprengt. Auf der Oberfläche des Felsens liefen die Schrammen von N. nach S. wie auf den benachbarten Bergen, weshalb Hr. N. glaubt, sie seyen nach der Bildung des Riesentopfs entstanden. — Endlich führt er noch ein Beispiel von Hebung der finnischen Küste an. Auf der kleinen Insel Fussaro, einige Meilen von Hangövdd, in offner See, wurde 1754 ein Zeichen gemacht, welches jetzt 20 schwed. Zoll über dem mittleren Wasserstand ist; ein anderes von 1800 ist jetzt neun Zoll, und ein drittes von 1821 fünf schwed. Zoll über dem Wasser. Bei Petersburg und Cronstadt hat man seit 1645 keine Veränderung bemerkt. (*Phil. Mag. Vol. XIX p.* 524) [1]).

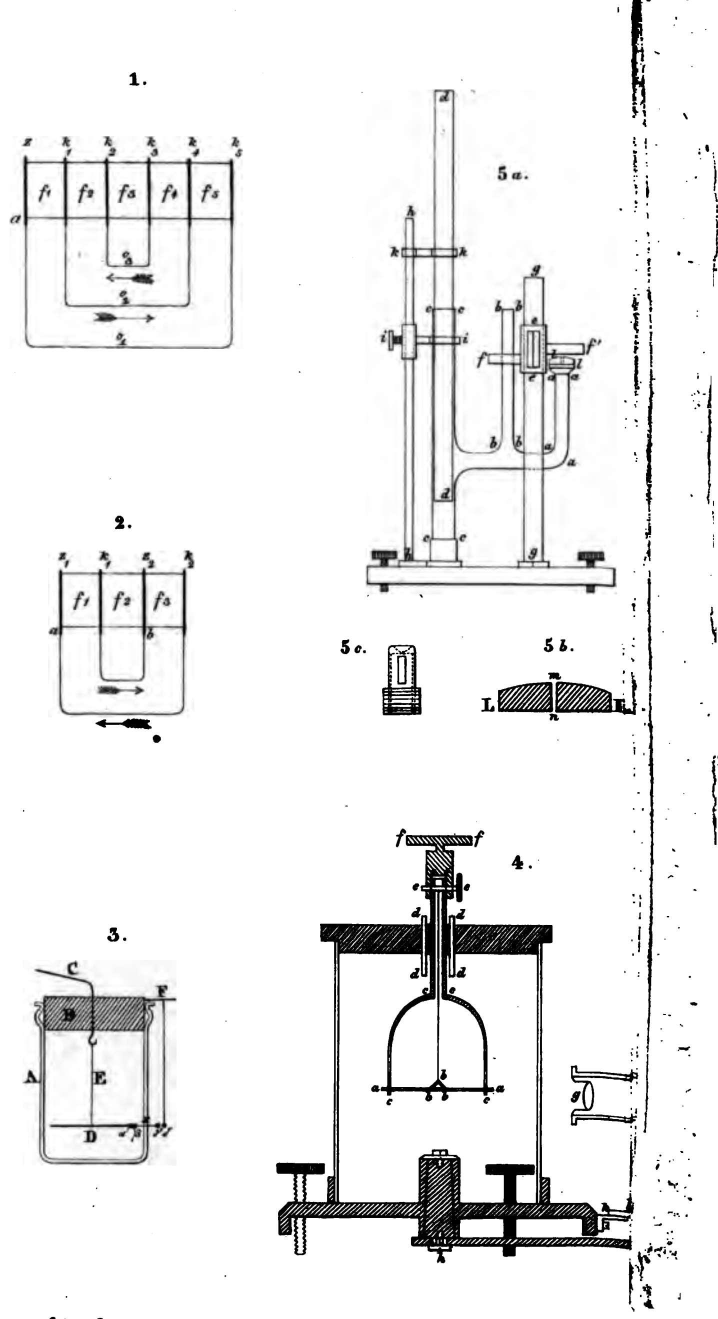
1) Abschleifung von Felsen, mit Furchen und Schrammen darauf, ist, nach Hrn. Durocher, auch in den Pyrenäen, zu beiden Seiten derselben, ein sehr häufiges Phänomen. (*Compt. rend. T. XIII p.* 902.)

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

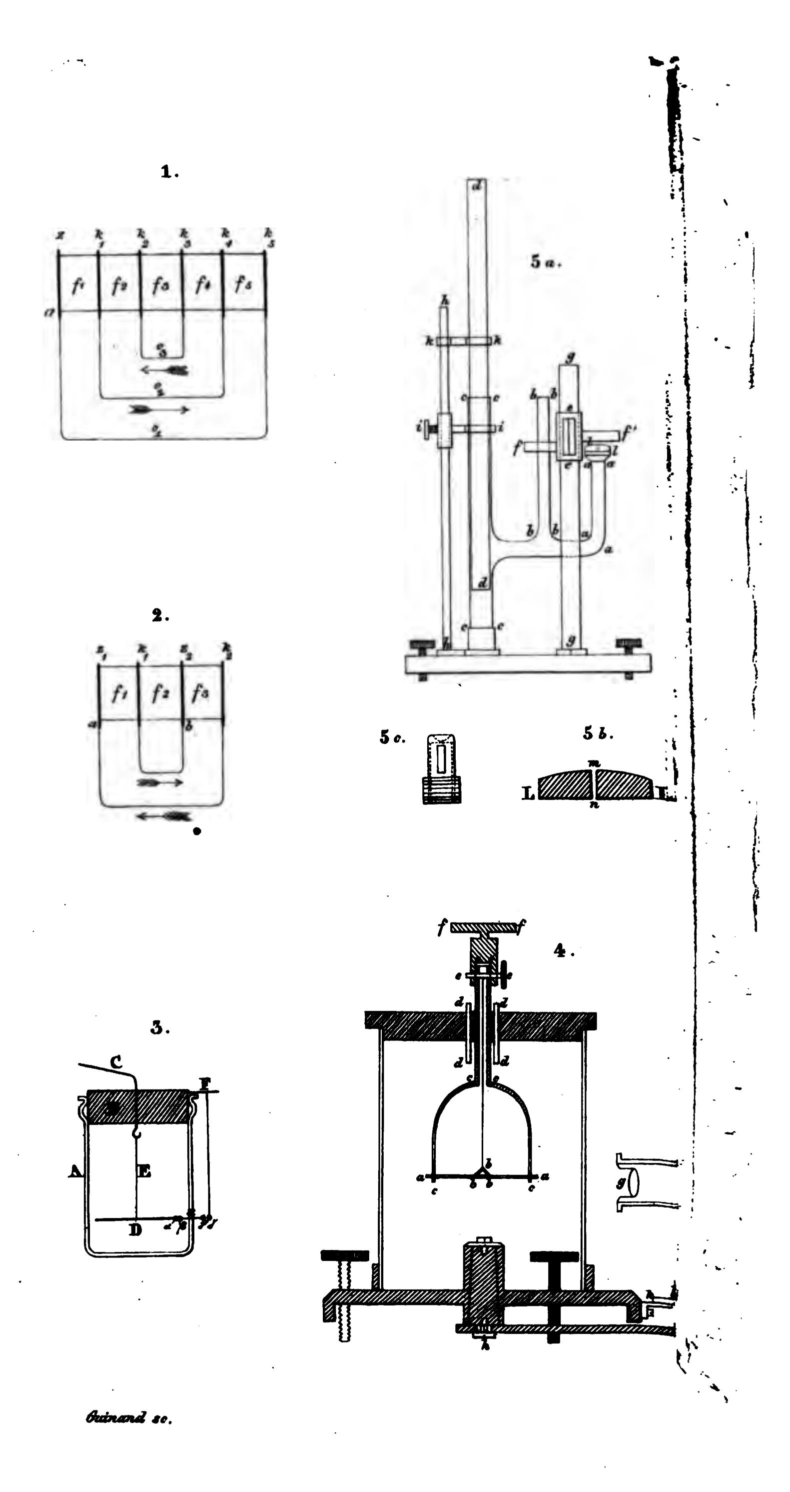

3.
+0.8
+1.6
+0.8
0
+0.8
0
+0.8
108.






1.
2.
3.
4.
5 a.
5 b.
5 c.
Guinand sc.




1.
2.
3.
4.
5 a.
5 b.
5 c.
Guinand sc.



